



WATERBOUWKUNDIG  
LABORATORIUM

FLANDERS HYDRAULICS  
RESEARCH

VEILIGHEIDSNIVEAU VLAANDEREN KUSTVERDEDIGING  
**OPMAAK VAN EEN NUMERIEKE  
GOLFDATABANK VOOR DE  
VLAAMSE KUST**



LABORATORIUM  
VOOR HYDRAULICA

K.U. LEUVEN



Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
Departement Leefmilieu en Infrastructuur  
Administratie Waterwegen en Zeewezen

## **Model 644**

# **VEILIGHEIDSNIVEAU VLAANDEREN KUSTVERDEDIGING OPMAAK VAN EEN NUMERIEKE GOLFDATABANK VOOR DE VLAAMSE KUST**

Maart 2004

# INHOUDSOPGAVE

INHOUDSOPGAVE .....	i
LIJST VAN DE FIGUREN .....	iii
LIJST VAN DE BIJLAGEN .....	v
1 INLEIDING .....	1
1.1 Opdracht .....	1
1.2 Doel .....	1
1.3 Overzicht van het rapport .....	1
2 BESCHIKBARE DATA .....	2
2.1 Boeigegevens .....	2
2.2 Windgegevens .....	3
2.3 Waterstanden .....	3
2.3.1 Maregraaf .....	3
2.4 Lodingen .....	3
3 VOORAFGAANDE AAN DEZE STUDIE .....	4
3.1 Verkennend onderzoek .....	4
3.2 Oostende rapport .....	4
4 METHODOLOGIE .....	5
4.1 Beschrijving .....	5
4.1.1 Inleiding .....	5
4.1.2 De klassenindeling .....	5
4.1.3 SWAN .....	5
4.1.4 De transformatiematrix .....	5
4.1.5 De transformatieruimte (I) .....	6
4.1.6 Eindige Elementen & Multilineaire Interpolatie .....	7
4.1.7 De Transformatieruimte (II) .....	7
4.2 Uitvoering – voorbereidende fase .....	8
4.2.1 Uitvoerlocaties .....	8
4.2.2 Transformatiematrix .....	9
4.2.3 SWAN .....	10
4.3 Programma's .....	11
4.3.1 Automatisering van de berekeningen .....	11
4.3.2 Opstellen van de transformatiematrix .....	13
4.3.3 Multilineaire Interpolatie .....	14
5 VERWERKEN VAN DATA .....	16

5.1	Datareeksen opmaken.....	16
5.1.1	Meteoreeksen.exe .....	16
5.1.2	WaterstandReeksen.exe .....	16
5.2	Vergelijken van datareeksen.....	17
5.2.1	VglData.exe .....	17
5.2.2	VglDataGrafieken.m .....	18
6	RESULTATEN.....	19
6.1	Verschillende resoluties voor het geografische rooster .....	19
6.1.1	Kritische zones .....	19
6.1.2	'Convergentie' .....	19
6.2	Multilineaire Interpolatie in de Transformatiematrix .....	20
6.3	Transformatiematrix versus Tijdreeks.....	21
6.4	Transformatiematrix versus Meetgegevens.....	23
6.5	Tijdreeks versus Meetgegevens .....	26
6.6	Transformatiematrix & Tijdreeks versus Meetgegevens.....	27
6.7	Vergelijkingen met het Oostende rapport .....	27
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....	29
8	REFERENTIES .....	31
	FIGUREN	
	BIJLAGEN	



## LIJST VAN DE FIGUREN

Figuur 1	De lodingen van de Dienst Hydrografie ingedeeld in meetcampagnes: aantal peilingen en naam van de meetcampagne
Figuur 2	De lodingen van de Dienst Hydrografie opgesplitst naar de meetcampagne
Figuur 3	Bathymetrie en uitvoerlijnen
Figuur 4	Bathymetrie en afbakening van de gebieden op basis van de oorsprong van de dieptegegevens
Figuur 5	Scatterindices voor de significante golfhoogte (Hm0) van R500 en R1000 versus R250
Figuur 6	Het verschil in Scatterindices tussen [R1000vsR250] en [R500vsR250]
Figuur 7	Identificatie van zones waar de resultaten niet convergeren bij een overgang van een 1000m- naar een 500m- en tenslotte naar een 250m roosterresolutie
Figuur 8	Beoordeling multilineaire interpolatie Scatterplot: Transformatiematrix versus SWAN berekeningen: Hm0
Figuur 9	Beoordeling multilineaire interpolatie Scatterplot: Transformatiematrix versus SWAN berekeningen: TPE
Figuur 10	Beoordeling multilineaire interpolatie Scatterplot: Transformatiematrix versus SWAN berekeningen: Tm01
Figuur 11	Beoordeling multilineaire interpolatie Scatterplot: Transformatiematrix versus SWAN berekeningen: Tm02
Figuur 12	Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdsreeks Scatterverloop en tijdsverloop voor Hm0, met karakteriserende richting: RHF
Figuur 13	Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdsreeks Scatterverloop en tijdsverloop voor Hm0, met karakteriserende richting: RLF
Figuur 14	Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdsreeks Scatterverloop en tijdsverloop voor Hm0, met karakteriserende richting: WRS
Figuur 15	Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdsreeks Scatterverloop en tijdsverloop voor TPE, met karakteriserende richting: RHF
Figuur 16	Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdsreeks Scatterverloop en tijdsverloop voor TPE, met karakteriserende richting: RLF
Figuur 17	Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdsreeks Scatterverloop en tijdsverloop voor TPE, met karakteriserende richting: WRS
Figuur 18	Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdsreeks Scatterverloop en tijdsverloop voor Tm01, met karakteriserende richting: RHF
Figuur 19	Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdsreeks Scatterverloop en tijdsverloop voor Tm01, met karakteriserende richting: RLF
Figuur 20	Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdsreeks Scatterverloop en tijdsverloop voor Tm01, met karakteriserende richting: WRS
Figuur 21	Beoordeling Transformatiematrix versus Metingen Scatterverloop en tijdsverloop voor Hm0, met karakteriserende richting: WRS en golfcondities op Westhinder
Figuur 22	Beoordeling Transformatiematrix versus Metingen Scatterverloop en tijdsverloop voor Hm0, met karakteriserende richting: WRS en golfcondities op de randen
Figuur 23	Beoordeling Transformatiematrix versus Metingen Scatterverloop en tijdsverloop voor Hm0, met karakteriserende richting: RLF en golfcondities op Westhinder

- Figuur 24 Beoordeling Transformatiematrix versus Metingen  
Scatterverloop en tijdsverloop voor TPE, met karakteriserende richting: WRS  
en golfcondities op Westhinder
- Figuur 25 Beoordeling Transformatiematrix versus Metingen  
Scatterverloop en tijdsverloop voor TPE, met karakteriserende richting: WRS  
en golfcondities op de randen
- Figuur 26 Beoordeling Transformatiematrix versus Metingen  
Scatterverloop en tijdsverloop voor TPE, met karakteriserende richting: RLF  
en golfcondities op Westhinder
- Figuur 27 Beoordeling Tijdreeks versus Metingen  
Scatterplot en tijdsverloop voor Hm0 voor de maand oktober 1997
- Figuur 28 Beoordeling Tijdreeks versus Metingen  
Scatterplot en tijdsverloop voor TPE voor de maand oktober 1997
- Figuur 29 Beoordeling Tijdreeks versus Metingen  
Scatterplot en tijdsverloop voor Hm0 voor de geselecteerde tijdstippen van de  
maand oktober 1997
- Figuur 30 Beoordeling Tijdreeks versus Metingen  
Scatterplot en tijdsverloop voor TPE voor de geselecteerde tijdstippen van de maand  
oktober 1997
- Figuur 31 Vergelijking met het Oostenderapport  
Scatterplots van de resultaten van de transformatiematrix voor de normale condities  
op locatie Oostende boei: Significante golfhoogte en piekperiode
- Figuur 32 Vergelijking met het Oostenderapport  
Scatterplots van de resultaten van de transformatiematrix voor de extreme waarden  
op locatie Oostende boei: Significante golfhoogte en piekperiode
- Figuur 33 Voorbeeld van een dubbelgepiekt spectrum in de run van de transformatiematrix:  
Run 350\_G\_345\_H\_060

## LIJST VAN DE BIJLAGEN

Bijlage A	GolgKL R003: Test rekenroosters
Bijlage B	Reductie GLLWS - TAW
Bijlage C	Automatisatie van de berekening: voorbeeld
Bijlage D	VglData.exe
Bijlage E	Wiskundige formulering van de gebruikte statistieken
Bijlage F	Dubbelgepeekte spectra

# 1 INLEIDING

## 1.1 Opdracht

Dit verslag is het eindrapport van de studie 'Veiligheidsniveau Vlaanderen – Kustverdediging – Opmaak van een numerieke golfdatabank voor de Vlaamse kust' die werd uitgevoerd naar aanleiding van het bestek nr. 16EB/00/11 van de afdeling WLH. Deze studie werd uitgevoerd op het WLH met technisch-wetenschappelijke bijstand van het Laboratorium voor Hydraulica van de K.U.Leuven, met name door Kristof Verelst (van 01/02/02 tot 01/10/02) en Sarah Doorme (van 01/10/02 tot 31/01/04) onder leiding van prof. Jaak Monbaliu. De dagelijkse begeleiding en opvolging van deze studie werd uitgevoerd door Tom De Mulder (WLH).

## 1.2 Doel

Voor onderzoek naar de veiligheid van de dijken en zeeweringen langs de Belgische Kust enerzijds en de morfologische evolutie van een kustsectie anderzijds, is er een noodzaak aan kennis over golfcondities op ondiep water: de extreme golfrandvoorwaarden aan de teen van de dijken en zeeweringen en het jaargemiddelde golfklimaat. De Hydro Meteo Atlas – Meetnet Vlaamse Banken [4] geeft de golfcondities van de boeien die tot het meetnet Vlaamse Banken behoren. Het doel van onderhavig rapport is om het bestaande netwerk (reële) boeien uit te breiden met numerieke boeien en zo het gebied voor de Vlaamse kust volledig te dekken. De maatgevende condities in deze golfrandvoorwaarden worden uitgerekend met het ondiep water golfvoortplantingsmodel SWAN van de Technische Universiteit Delft. De meetboeien van het meetnet Vlaamse Banken zullen dienen ter calibratie / validatie van de berekende golfcondities.

## 1.3 Overzicht van het rapport

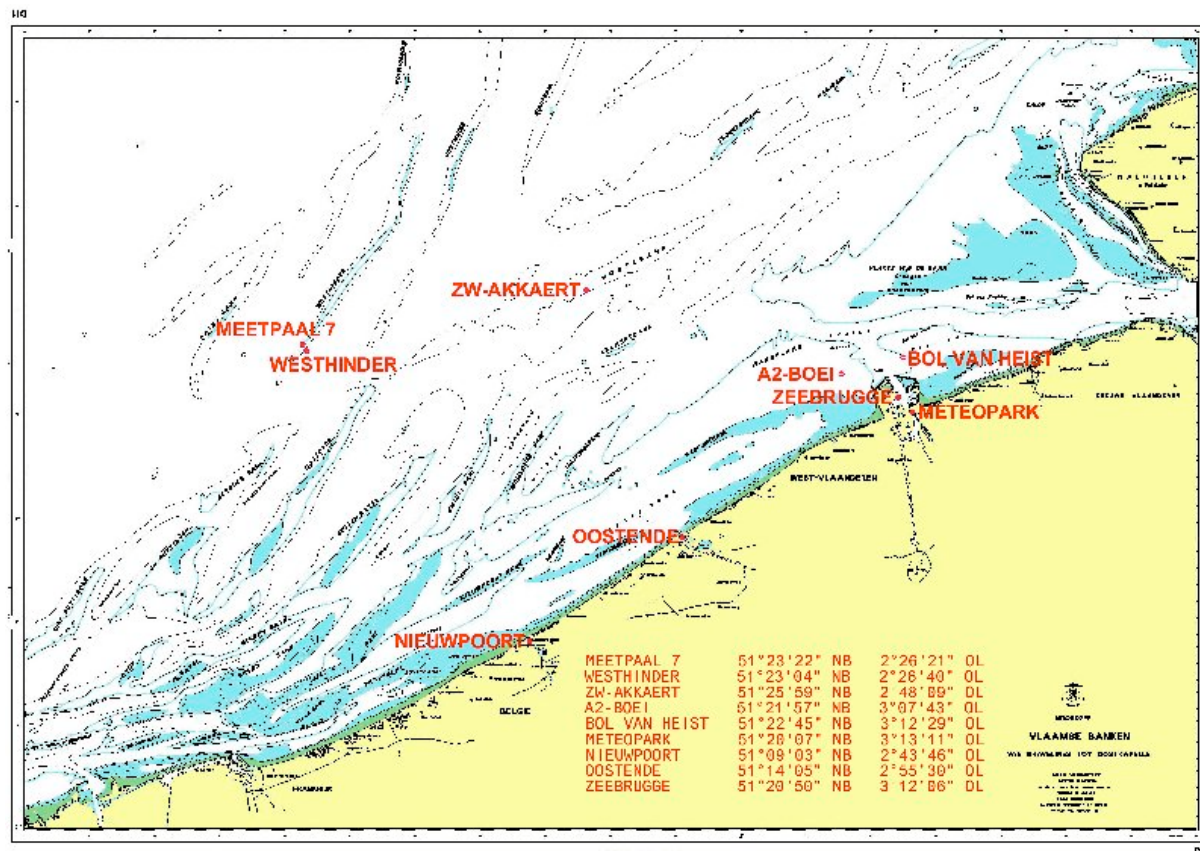
Het tweede hoofdstuk geeft een overzicht van de beschikbare meetgegevens voor de Vlaamse kust. Het daarop volgende hoofdstuk gaat in op resultaten en besluiten uit voorgaande studies. Hoofdstuk 4 beschrijft de methodologie; in sectie 4.1 wordt de methode van de transformatiematrix voorgesteld, in sectie 4.2 wordt zij uitgewerkt en tenslotte worden in sectie 4.3 de programma's voor de uitvoering beschreven. Hoofdstuk 5 beschrijft de programma's voor de dataverwerking; het opbouwen en vergelijken van datareeksen. Tenslotte bekijken we de resultaten (hoofdstuk 4) en vergelijken deze met het Oostende rapport ref. [10]. Hoofdstuk 6 vormt de basis voor de conclusies geformuleerd in hoofdstuk 7.

Het rapport is aangevuld met een aantal bijlagen.



## 2 BESCHIKBARE DATA

De opdracht heeft tot doel met de beschikbare data een numerieke golfdatabank op te stellen voor locaties dicht bij de kust ter uitbreiding van de bestaande (gemeten) golfdatabank. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de beschikbare meetgegevens voor de Vlaamse kust. De onderstaande figuur is overgenomen uit de Hydro Meteo Atlas – Meetnet Vlaamse Banken [4]. Ze geeft de ligging van de belangrijkste meetlocaties: boeien (golfsdata), meetpalen (wind), en vlotters (waterstanden.)



Meetnet Vlaamse Banken - belangrijkste meetlocaties; boeien (golfspectrum), meetpalen (wind), vlotters (waterstand)

### 2.1 Boeigegevens

Boeilocatie	Type	Coördinaten – UTM31 WGS84		Diepte in SWAN-profiel*: [m] tov TAW	Operationeel
		'easting'	'northing'		
Westhinder (WHID)	Wavec	461245.189	5692631.670	26.0	19/07/1990 - ...
Westhinder (WHIG)	Waverider				27/11/1977 - 28/07/1994
Westhinder (MP7S)	Stappenbaak	460882.160	5693190.533	14.8	22/03/1994 - ...
Bol van Heist BVHD)	Wavec	514387.179	5691918.792	10.6	
Bol van Heist (BVHG)	Waverider	514367.759	5691949.630	10.5	
Oostendeboei (OSTD)	Directional Waverider	494710.772	5677412.286	6.1	
Oostendeboei(OSTG)	Waverider	494516.244	5676794.642	5.7	08/04/1997 - ...

\* Met het SWAN-profiel bedoelen we hier de in SWAN ingevoerde bathymetrie.

Akkaert Zuid (AKZGo)	Waverider	486177.074	5697910.000	20.5	30/11/1982 – begin 2000
Akkaert Zuid (AKZGn)	Waverider	486324.395	5695221.889	20.5	begin 2000 - ...
A2BG	Waverider	508860.530	5690423.244	8.7	
Trappegeer (TRRG)	Waverider	470174.388	5665571.248	10.5	

## 2.2 Windgegevens

Boeilocatie	Type	Coördinaten – UTM31 WGS84		Hoogte van de sensor (m) tov TAW	Operationeel
		'easting'	'northing'		
Meetpaal 7 (MP7)	Windsensor	460882.160	5693190.533	26	22/03/1994 - ...
Meetpaal 0 (MP0)	Windsensor	503192.191	5693691.099	± 20	19/06/1986 - ...

## 2.3 Waterstanden

Boeilocatie	Type	Coördinaten WGS84		Operationeel
		Noorder-breedte	Oosterlengte	
Oostende (OST)	Vlotter	51°14'05"	2°55'39"	1925 - ...
Nieuwpoort (NPT)	Vlotter	51°09'03"	2°43'46"	1959 - ...
Zeebrugge (ZBG)	Vlotter	51°20'50"	3°12'06"	1959 - ...

### 2.3.1 Maregraaf

Het referentieniveau voor de waterstanden te Oostende:

- 1925 t.e.m 2/1/1946: Z – vlak (0.108m onder TAW)
- 3/1/1946 t.e.m 1980: H – vlak (0.388m onder TAW)
- 1981 tot op heden: TAW

## 2.4 Lodingen

De metingen, bevat in het bestand vlb\_xyz\_wg84\_sb.xyz, werden beschikbaar gesteld door de Afdeling Waterwegen Kust – dienst Hydrografie. Het bestand bevat de data van 437520 lodingen in tabelvorm; één loding per regel en de karakteristieken opgedeeld in vier kolommen. De eerste twee kolommen geven de coördinaten van de meetlocatie weer in het UTM31 – WGS84 coördinatenstelsel, de derde kolom geeft de diepte van deze locatie t.o.v. GLLWS en de laatste kolom geeft de naam van meetcampagne weer waartoe de loding behoort. De meetcampagnes worden opgelijst in Figuur 1 en de zones ervan afgebakend in Figuur 2. Met het programma convdepth.exe werden de lodingen gegroepeerd op basis van de meetcampagne en per groep opgeslagen in een afzonderlijk bestand.

Voor de opbouw van de bathymetrie hebben we naast de voornoemde lodingen ook gebruik gemaakt van (digitale) bathymetrische roosters - met name; 'Rasterdata Schelde' van de Afdeling Maritieme Toegang en 'RandDelta-III' van het RIKZ, en zeekaarten; D11, int 1564 en int 1481. De opbouw van het diepteprofiel komt aan bod in de paragraaf: IV.2.3.2 Bathymetrie.

## 3 VOORAFGAANDE AAN DEZE STUDIE

### 3.1 *Verkenkend onderzoek*

De volledige naam van de betreffende studie is: “Verkenkend onderzoek ter bepaling van het golfklimaat” [8]. De studie werd uitgevoerd in 2000 door het laboratorium voor Hydraulica van de K.U.Leuven in opdracht van de Afdeling Waterwegen Kust. De opdracht had tot doel een (meest) geschikte methodologie op te leveren ter bepaling van het golfklimaat nabij de Vlaamse kust.

In het verkennend onderzoek worden twee methodologieën voorgesteld: enerzijds de methode van de ‘systematische runs’ (in dit rapport: de methode van de transformatiematrix) en anderzijds de methode van de ‘tijdreeks runs’. Bij de ‘tijdreeks runs’ wordt een (lange) reeks gemeten spectra opgelegd aan de zeewaartse rand van het domein. Bij de ‘systematische runs’ wordt een beperkt aantal fictieve spectra opgelegd aan de zeewaartste rand van het domein. De fictieve spectra worden opgebouwd als Jonswap spectra waarvan de geïntegreerde parameters representatief zijn voor de gemeten golfcondities op Westhinder. Beide methodologieën worden verder toegelicht in het vervolg van het huidige rapport. Om de golfvoortplanting te simuleren wordt voor beide methodes gebruik gemaakt van het spectrale golfvoortplantingsmodel SWAN.

Door de SWAN-resultaten op de locatie ‘Bol van Heist’ te vergelijken met de gemeten golfcondities op deze boeilocatie, werd onderzocht wat de beste praktijk is voor het invoeren van verschillende bepalende factoren in de golfvoortplanting. Hieruit werden de volgende conclusies (Ref. viii, hfst 5) getrokken:

- SWAN - berekeningen leveren een betere overeenkomst met de realiteit wanneer de randvoorwaarden uit de gemeten tijdreeks van Westhinder worden opgelegd dan wanneer de randvoorwaarden uit het WAM – model gevoed door UKMO - winden worden opgelegd.
- Door de extensie van het model in zowel oostelijke als westelijke richting worden de berekende golfkarakteristieken dicht bij de kust weinig of niet beïnvloed door de aard van de randvoorwaarden op oost – en westrand.
- Wanneer de complexiteit van een golvenspectrum wordt onderkend en wordt gekarakteriseerd door een Jonswap spectrum met dezelfde geïntegreerde parameters, kan het voorkomen dat een aantal fysische processen verkeerd worden ingeschat hetgeen tot onjuiste conclusies kan leiden.
- De windsnelheid dient gecorrigeerd te worden om het hoogteverschil tussen de hoogte van de metingen en de referentiehoogte in SWAN in rekening te brengen. Er wordt een vermenigvuldigingsfactor van 0.9 voorgesteld.
- Citaat: “De windsnelheid wordt best gemiddeld over een periode van ongeveer 1 uur om representatief te zijn voor een periode die als stationair kan aanzien worden; windsnelheidspieken worden daardoor wat afgevlakt.”
- De ‘default’ instelling voor het in rekening brengen van bodemwrijving in SWAN, levert vrij goede resultaten in de Belgische kustzone.

### 3.2 *Oostende rapport*

De volledige naam van het betreffende rapport is: “Structureel herstel van de kustverdediging te Oostende en verbetering van de haventoeegang naar de haven van Oostende; hydrodynamische randvoorwaarden voor het ontwerp – waterstanden & golfklimaat” [10].

In het Oostende rapport worden de extreme hydrodynamische condities en het jaargemiddelde golfklimaat voor de haventoeegang van Oostende behandeld. Hiertoe wordt (net zoals in het voorliggende rapport) de methode van de transformatiematrix toegepast. In de huidige studie maken we gebruik van dezelfde indeling van klassen voor de karakteriserende randvoorwaarden. Enerzijds, vereenvoudigt dit de vergelijking tussen de resultaten van de huidige studie en het Oostende rapport. Anderzijds, zijn de klassen zodanig opgebouwd dat we binnen de aanvaarde beperkingen (aanlandige wind en significante golfhoogte op Westhinder groter dan 1m) alle voorkomende en extreme condities zouden moeten kunnen invoeren in de transformatiematrix.

## 4 METHODOLOGIE

### 4.1 Beschrijving

#### 4.1.1 Inleiding

In het “Verkenkend onderzoek ter bepaling van het golfklimaat” [8] worden twee methodes voorgesteld om de golfcondities op diep water te transformeren naar locaties dicht bij de kustlijn: de zogenaamde ‘systematische runs’ en ‘tijdreeks runs’. Voor dit project werd bepaald de methode van de ‘systematische runs’ te volgen, in het vervolg van de tekst de ‘methode transformatiematrix’ genaamd.

De ‘systematische runs’ bestaan uit een groot aantal SWAN berekeningen, waarbij een eenvoudige karakterisatie van een golvenspectrum (een karakteristieke golfhoogte, periode / frequentie en richting) op de open randen van het rekendomein worden opgelegd. De keuze van de randvoorwaarden wordt gebaseerd op de gemeten en hypothetische\* golfcondities op de meetlocatie Westhinder. Deze randvoorwaarden worden systematisch opgebouwd en samengevat in een klassenindeling. De resultaten van de SWAN-berekeningen worden per uitvoerpunt geklasseerd in een databank met matrixstructuur: de ‘transformatiematrix’ van die locatie.

Van de discrete structuur van de ‘transformatiematrix’ schakelen we over naar de continue structuur van de ‘transformatieruimte’, waarbij de dimensies uiteraard behouden worden maar niet langer in klassen worden onderverdeeld - de variabelen kunnen continu variëren. Voor enkele discrete punten van deze ruimte zijn de SWAN-resultaten bekend. Om de golfcondities in de lege tussenruimte te benaderen wordt de ruimte onderverdeeld in subdomeinen: zogeheten eindige elementen, waarvan de hoekpunten samenvallen met de SWAN-runs. Binnen deze eindige elementen passen we multiliniere interpolatie toe.

#### 4.1.2 De klassenindeling

De keuze van de randvoorwaarden wordt systematisch opgebouwd, de gemeten en hypothetische\* golfcondities op de meetlocatie Westhinder zijn hiervoor maatgevend. Uit de analyse van golfdata op Westhinder wordt het bereik van de variabelen bepaald zodanig dat normale golfcondities en extreme verwachtingswaarden in de transformatiematrix kunnen worden ingevoerd. De golfkarakteristieken, met name de golfhoogtes, -periodes en -richtingen worden onderverdeeld in een aantal klassen.

Vermits we verwachten dat zowel waterstand als windveld een belangrijke invloed uitoefenen op de golfvoortplanting, worden waterstand, windsnelheid en -richting eveneens onderverdeeld in een aantal klassen. We veronderstellen echter dat de golfrichting op de rand van het rekendomein overeenstemt met de windrichting. Deze aanname is verantwoord voor zowel zeegang - waar golfrichting in principe overeen komt met de heersende windrichting, als deining - waar de wind in principe geen rol speelt. Bijgevolg zijn de twee karakteristieken inwisselbaar in de klassenindeling en behouden we vijf karakteristieken in de klassenindeling.

De randvoorwaarden worden bekomen door de klassen van de verschillende variabelen op alle mogelijke wijzen te combineren. Voor iedere combinatie/ set randvoorwaarden wordt een SWAN – berekening uitgevoerd.

#### 4.1.3 SWAN

SWAN (Simulating Waves Nearshore) is een derde generatie golfmodel voor kustzones ontwikkeld aan de Technische Universiteit Delft. SWAN, versie 40.11, wordt ingezet om de randvoorwaarden te transformeren naar de uitvoerlocaties.

#### 4.1.4 De transformatiematrix

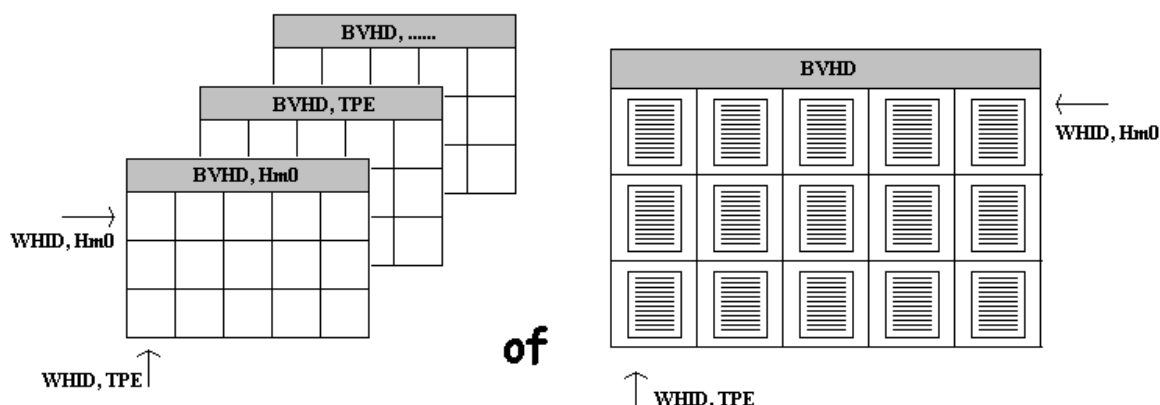
Per uitvoerlocatie worden de uitkomsten van de SWAN-berekeningen geklasseerd in een 5 – dimensionale matrix. Ieder element van de transformatiematrix vertegenwoordigt een SWAN-berekening of nog een combinatie van de vijf karakteristieken uit de klassenindeling. Ieder element van de 5-

---

\* Onder de hypothetische golfcondities verstaan we de golfcondities met een lange terugkeerperiode bekomen uit de extreme-waarden analyse van het Oostende rapport



dimensionele matrix bevat de verschillende uitvoerparameters\* in kolommatrix, bijgevolg heeft de transformatiematrix in feite zes dimensies. De eerste dimensie (de kolommatrix) van de transformatiematrix verschilt wezenlijk van de overige dimensies; de rijen van de eerste dimensie duiden de verschillende berekende parameters aan, de kolommen van de overige dimensies duiden de opgelegde randvoorwaarden aan. De transformatiematrices van de golfdatabank hebben (5+1) dimensies, om de transformatiematrix grafisch voor te stellen beperken we ons tot een (2+1)- dimensionale transformatiematrix.



*Eenvoudige presentaties van een (1+2) - dimensionale matrix*

De transformatiematrix is in feite niet meer dan een gestructureerde databank; de matrixstructuur bevordert de toegankelijkheid van de inhoud de databank. Afhankelijk van de beschouwde toegangswijze kan men zich de transformatiematrix voorstellen. In de 2de voorstelling van bovenstaande figuur wordt ieder element van de matrix beschreven door de combinatie van condities die opgelegd worden aan de SWAN-berekening en bevat een lijst met de uitvoerparameters bij die opgelegde combinatie. In de 1ste voorstelling van bovenstaande figuur wordt per uitvoerparameter een overzicht opgemaakt voor de verschillende combinaties.

#### 4.1.5 De transformatieruimte (I)

Met de 'transformatieruimte' bedoelen we de 5-dimensionale ruimte met als dimensies de karakteriserende golfhoogte, golfperiode (of golffrequentie), golf -/ windrichting, windsnelheid en waterstand. Iedere denkbare combinatie van deze karakteriserende variabelen zijn de coördinaten van een punt in deze ruimte, dus ook de combinaties die gebruikt zijn voor de SWAN-runs. (De klassenindeling kan beschouwd worden als een discretisatie van deze 'transformatieruimte'.)

Voor enkele discrete punten in deze ruimte kennen we de resultaten van de SWAN-runs. We beschouwen de resultaten van de SWAN-runs als functies op de 'transformatieruimte'. Dit wordt verduidelijkt met het volgende voorbeeld, omwille van de grafische presentatie gaan we uit van een 2-dimensionale ruimte, maar het principe blijft hetzelfde.

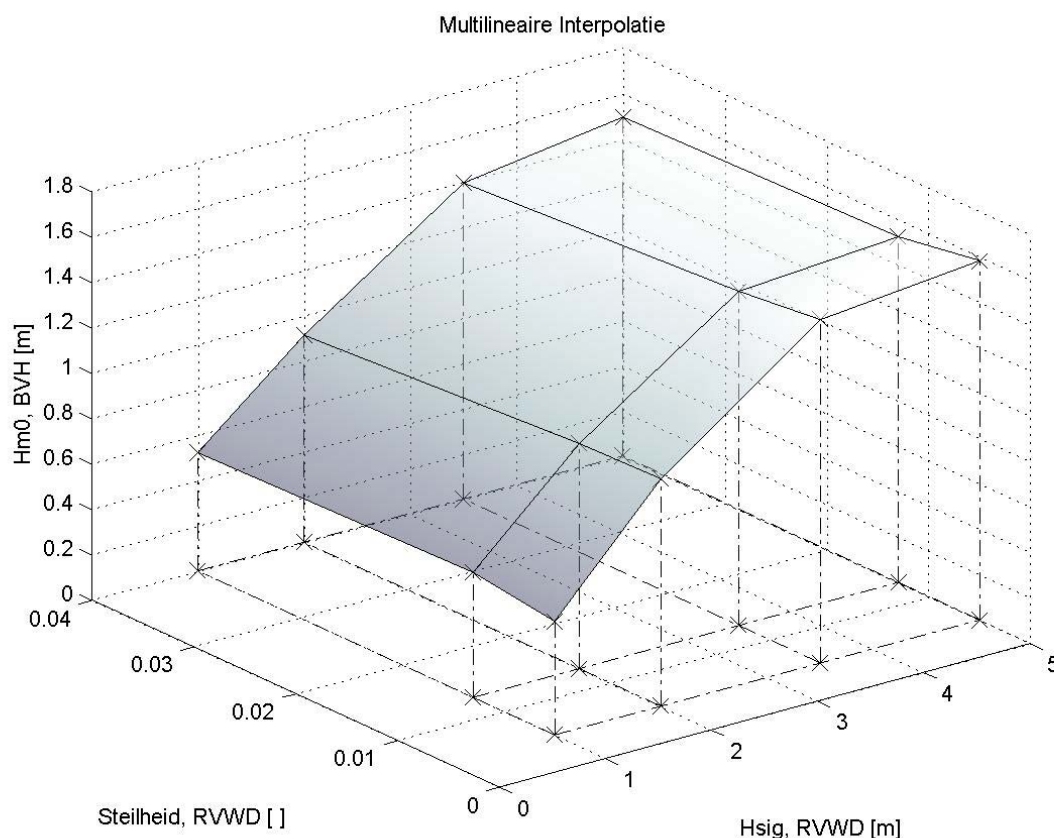
**voorbeeld:** Stel dat we bij windstille condities de deining afkomstig van 15° oostelijk t.o.v. het noorden willen bestuderen bij een waterstand van 0m TAW. Voor deze golven willen we bijvoorbeeld de significante golfhoogte kennen ter hoogte van de Bol van Heist, dan halen we uit de transformatiematrix de onderstaande tabel. Hierbij merken we op dat de steilheden enkel in de classificatie gebruikt worden en dat deze voor de SWAN - berekeningen worden vervangen door de piekperiode (zie: 4.2.2.1.)

golfhoogte → ↓ steilheid	1m	2m	3.5m	5m
0.005	0.50	1.00	1.51	1.58
0.013	0.55	0.99	1.47	1.52
0.040	0.52	0.91	1.39	1.49

*Een 2D transformatiematrix met als inhoud Hm0 [m] voor de uitvoerlocatie Bol van Heist*

\* Bij de uitvoer van SWAN worden er per locatie 10 parameters opgevraagd, te weten de x- en y-coördinaat en de diepte van de locatie, de significante golfhoogte, de piekperiode, de gemiddelde golfrichting, de gemiddelde absolute periode (Tm01), de gemiddelde absolute 'zero-crossing' periode (Tm02) en de componenten van de windvector ter plaatse.

Grafisch voorgesteld:



*Multilineaire interpolatie toegepast op de eindige elementen van de transformatieruimte (2D)*

#### 4.1.6 Eindige Elementen & Multilineaire Interpolatie

Ref. [5] geeft een beschrijving van de eindige elementen methode. Het volstaat hier om te vermelden dat we voor de indeling in eindige elementen de klassenindeling volgen. In het voorbeeld bij voorgaande sectie zijn de eindige elementen in het grondvlak van de grafiek ( zie bovenstaande figuur ) afgebakend door ‘- . -’ lijnen. Wanneer de piekperiode, steilheid vervangt als dimensie in de grafiek zijn de eindige elementen minder regulier van vorm.

#### 4.1.7 De Transformatieruimte (II)

Voor een gegeven set van karakteristieken - binnen de begrenzings van de klassenindeling - kan men met behulp van multilineaire interpolatie in de transformatieruimte een afschatting geven van de resultaten die SWAN zouden leveren bij invoer van die karakteristieken\*. Met behoud van de huidige transformatieruimte wordt de set van karakteristieken geïnterpoleerd tussen de opgelegde randvoorwaarden, niettegenstaande de set van karakteristieken meestal betrekking heeft op de locatie Westhinder. De golfkarakteristieken berekend door SWAN op locatie Westhinder zijn echter gewijzigd ten opzichte van de opgelegde randvoorwaarden.

Om te kunnen interpoleren tussen de waarden op Westhinder worden de coördinaten van de SWAN-runs in de transformatieruimte aangepast. De coördinaten van een SWAN – run in de transformatiematrix worden vervangen door de (voor die run) berekende overeenstemmende golfkarakteristieken op Westhinder. Bijvoorbeeld: indien de opgelegde significante golfhoogte 1m bedraagt en op Westhinder de berekende significante golfhoogte slechts 0.95m, dan wordt de coördinaat 1.00 voor de dimensie significante golfhoogte uitgedrukt in meter vervangen door 0.95 voor die run.

Voor de opdeling in eindige elementen volgen we nog steeds de klassenindeling, i.e. een selectie van SWAN-runs die in de oorspronkelijke transformatieruimte een eindig element bepaalde zal in de nieuwe transformatieruimte ook een eindig element bepalen. Vermits de coördinaten van de SWAN-runs

\* Vooropgesteld dat multilineaire interpolatie een geldige aanname is.

op (onregelmatige wijze) verschoven zijn, is het eindig element eveneens gewijzigd. De eindige elementen die we zo bekomen mogen niet ontaard zijn, maar dit blijkt niet het geval te zijn.

## 4.2 Uitvoering – voorbereidende fase

### 4.2.1 Uitvoerlocaties

#### 4.2.1.1 De boeilocaties

Tot de zogenaamde boeilocaties worden alle locaties van de Vlaamse en Nederlandse meetboeien en meetpalen binnen het rekendomein gerekend:

	UTM31 - WGS84 coördinaten	
'CAD'	526272.02	5692151.33
'RVL'	516908.06	5705951.58
'BVHD'	514387.179	5691918.792
'WHID'	461245.189	5692631.670
'OSTD'	494710.772	5677412.286
'A2BG'	508860.530	5690423.244
'AKZGo'	486177.074	5697910.000
'AKZGn'	486324.395	5695221.889
'BVHG'	514367.759	5691949.630
'OSTG'	494516.244	5676794.642
'OSTGie'	494409.5677004.	
'OSTGiW'	494315.76	5676794.12
'TRGG'	470174.388	5665571.248
'MP7S'	460882.160	5693190.533
'DRLG'	516892.603	5705859.482
'SCOG'	521335.253	5694754.532
'SCWG'	503366.756	5692764.426
'WLGG'	529063.526	5698283.878
'MP0'	503192.191	5693691.099
'MP1'	508223.159	5689927.881
'MP2'	520193.958	5690208.548
'MP3'	513823.067	5693183.840
'MP4'	520748.888	5696389.456
'MP5'	510316.831	5697006.230

De opgegeven benamingen zijn deze die gebruikt werden als identificatie in de SWAN – berekeningen.

#### 4.2.1.2 5m – lijn

Uitgaande van de bepalingen van deelopdracht 4 (bestek 16EB/00/11), werd een reeks uitvoerpunten langsheen de 5m - dieptelijn voor de Belgische Kust vastgelegd. Aan de hand van bathymetrische gegevens werd in QUICKIN (module van de DELFT3D software) de 5m -dieptelijn t.o.v. GLLWS gevolgd en om de +-250m een punt geselecteerd, daarbij rekening houdende met de kustvakken. Wanneer gebleken is dat een aantal uitvoerpunten onder bepaalde condities geen uitvoer gaven of dat de convergentie bij roosterverfijning niet gewaarborgd kon worden, zijn deze punten zeewaarts verlegd; zodat ze wel aan deze voorwaarden voldoen. Aanvankelijk beperkten de uitvoerpunten zich tot de Belgische wateren en een beperkt aantal op Frans en Nederlands gebied. Ten behoeve van het project COMRISK (waaraan de afdeling Waterwegen Kust deelneemt) werd de 5m - lijn uitgebreid langs de Nederlandse kust tot Breskens. De zogenaamde 5m-lijn wordt voorgesteld door de grillige rode lijn in Figuur 3.

#### 4.2.1.3 10m – lijn

Het nut en de meerwaarde van de 10m - dieptelijn, is dat zij gebruikt kan worden voor geneste berekeningen. Hierop gelet, werd de 10m - dieptelijn slechts schetsmatig gevolgd en twee snijdende rechten gedefinieerd. De uitvoerpunten langsheen deze rechten hebben een onderlinge afstand van 250m. De zogenaamde 10m - lijnen worden voorgesteld door de rechte rode lijnen in Figuur 3.

## 4.2.2 Transformatiematrix

### 4.2.2.1 Klassenindeling

Voor de indeling van klassen, is gekozen voor de klassenindeling die reeds eerder werd gebruikt bij de opmaak van het Oostende – rapport [10]. Deze indeling omvat het interess domein en blijkt achteraf beschouwd fijn genoeg om multilineaire interpolatie te rechtvaardigen (4.2). Bovendien vereenvoudigt deze keuze de vergelijking tussen onze resultaten met die van het Oostende – rapport.

De transformatiematrix wordt in feite opgesplitst in twee matrices: één voor de normale golfcondities:

Nautische richting [°]	Significante golfhoogte [m]	Steilheid [-]	Waterstand [m]	Windsnelheid [m/s]
-105	1.0	0.005	0.0	Windstil
-75	2.0	0.013	2.0	Laag
-45	3.5	0.04	4.0	Matig
-15	5.0		6.0	Hoog
15				
45				
75				

en één voor extreme omstandigheden:

Nautische richting [°]	Significante golfhoogte [m]	Steilheid [-]	Waterstand [m]	Windsnelheid [m/s]
-90	5.0	0.025	5.5	Laag
-67.5	6.5	0.045	6.5	Matig
-45	7.5		7.5	Hoog
-22.5	8.5			
0				
22.5				

Vermits er een zeker verband bestaat tussen de windsnelheid en de golfhoogte, wordt de windsnelheid onderverdeeld in de klassen: windstil, lage windsnelheid, matige windsnelheid en hoge windsnelheid. De concrete waarde voor deze klassen wordt aangepast aan de golfhoogte.

Sign. Golfhoogte	Windsnelheid [m/s]			
	Windstil	Laag	Matig	Hoog
1.0	0.0	1.0	8.0	16.0
2.0	0.0	5.6	12.6	21.1
3.5	0.0	11.1	18.1	27.3
5.0	0.0	15.8	22.8	32.6
6.5	0.0	20.0	27.0	37.4
7.5	0.0	22.6	29.6	40.3
8.5	0.0	25.2	32.2	43.2

In deze klassenindeling wordt de golfsteilheid ingedeeld in klassen in plaats van de piekperiode. Er bestaat namelijk ook een zeker verband tussen de golfhoogte en piekperiode, maar in plaats van hier met indicatieve klassen te werken, zoals voor de windsnelheid, wordt hier de steilheid onderverdeeld in klassen. De steilheid kan niet als dusdanig worden ingevoerd in SWAN en wordt eerst omgezet in

$$TPE = \sqrt{\frac{H_{sig}}{1.56 \cdot \text{Steilheid}}}$$

een piekperiode:

Deze formule is afgeleid uit de dispersievergelijking van een diepwatergolf en een definitie voor steilheid:

$$\omega^2 = gk \tanh(kh) \approx gk \quad \text{steilheid} = H_{sig} / L$$

Hierin is g de valversnelling ( $\approx 9.81 \text{ m/s}^2$ ) en



$$\omega = 2\pi/T \quad k = 2\pi/L$$

De steilheid wordt enkel gebruikt bij de klassenindeling, de formulering is van ondergeschikt belang, het voornaamste is dat we een indeling in klassen krijgen voor de piekperiode.

### 4.2.3 SWAN

De transformatie van golfkarakteristieken op de locatie Westhinder naar locaties langsheen de 5m-lijn, wordt berekend door het spectrale golfmodel SWAN, versie 40.11. SWAN (Simulating Waves Nears-hore) is een derde generatie golfmodel ontwikkeld aan de T. U. Delft. Een voorbeeld SWAN – invoerbestand is opgenomen in Bijlage C. In het voorbeeld bestand dat opgenomen werd de appendix staan slechts enkele uitvoerlocaties vermeld. De gemarkeerde getallen worden voor iedere door te rekenen combinatie vervangen. De gele markering duidt de waterstand aan, de rode markering duidt de significante golfhoogte aan, de blauwe markering de piekperiode, de groene markering de golf -/ windrichting en tenslotte geeft de paarse markering de windsnelheid aan.

#### 4.2.3.1 Grid

De studie naar de gevoeligheid van golfvoorplantingsberekeningen voor verschillende roosters (deelopdracht 1), leverde weinig verschillen op voor de verschillende roosters (Bijlage A). Uiteindelijk hebben we geopteerd voor een rechthoekig geografische rooster met de volgende kenmerken:

Oorsprong (x <sub>o</sub> , y <sub>o</sub> ) :	(438116.00, 5639190.00) UTM-WGS84
Oriëntatie x-as:	Een rotatie van 25.5° ten opzichte van het oosten in tegenwijzerzin.
Lengte (x):	125km
Breedte (y):	39km
Resolutie (Δx en Δy):	250m

Het directionele spectrum beslaat de volledige cirkel en wordt voor zeegangberekeningen (resp. deiningberekeningen) verdeeld over 36 (resp. 90) roosterpunten, waardoor de spectrale resolutie 10° (resp. 4°) bedraagt. Hiermee volgen we de aanwijzing in de SWAN – handleiding omtrent de directionele resolutie van het rooster en de directionele breedte van het golfveld. De opgelegde Jonswap – spectra voor zeegang (resp. deining) hebben een  $\cos^2$  (resp.  $\cos^{10}$ ) - directionele spreiding of 31.5° (resp. 17.1°) éézijdige directionele breedte.

Het frequentie domein wordt logaritmisch verdeeld ( $f_{i+1} = \gamma f_i$ ) in SWAN. De frequentieverdeling wordt opgesteld aan de hand van “het aantal frequenties min één” (msc = 37), de minimale ( $f_{min} = 0,025\text{Hz}$ ) en maximale frequentie ( $f_{max} = 0,85\text{Hz}$ .) Met de toewijzing van deze waarden, voldoen we aan aanwijzingen in de SWAN – handleiding:

- $\gamma \approx 1.1$  met  $f_{max} = \gamma^{msc} \cdot f_{mi}$
- $f_{min} \leq 0.7 f_{LPFE}$  ( $f_{LPFE}$  is de laagste verwachte piekfrequentie)
- $f_{max} \geq 3 f_{HPFE}$  ( $f_{HPFE}$  is de hoogste verwachte piekfrequentie)

In de SWAN-resultaten wijkt de piekfrequentie zeer weinig af van de opgelegde piekfrequentie aan de rand van het domein tenzij er een tweede piek ontstaat, (Bijlage F) De minimale (resp. maximale) verwachte piekfrequentie is bijgevolg de minimale (resp. maximale) opgelegde piekfrequentie.

#### 4.2.3.2 Bathymetrie

De bathymetrie is samengesteld uit verschillende bronnen en geïnterpoleerd op het geografische rooster. De verschillende bronnen maken gebruik van verschillende coördinatenstelsels en referentieniveaus. Alle coördinaten zijn omgezet naar UTM31 – WGS84 en alle dieptes naar TAW. Omzettingen van coördinatenstelsels zijn uitgevoerd met PC-Trans, voor de omzetting van GLLWS naar TAW werd gebruik gemaakt van het bestand reduch. Het diepteprofiel reduch bevat de diepteverschillen tussen GLLWS en TAW voor een beperkte zone voor de Belgische kust, deze zone werd geëxtrapoleerd (Bijlage B) zodat alle dieptegegevens t.o.v. GLLWS naar TAW konden worden omgezet.

De lodingen van de Dienst Hydrografie van de Afdeling Waterwegen Kust (2002 en ouder) beslaan het centrale en grootste gebied van het rooster (Figuur 4) De bathymetrie is vervolledigd met: in het westen: zeekaarten D11, int 1564 & int 1481, in het zuidoosten: ‘Rasterdata Schelde’ (interpolatie van peilingen anno 2001 en ouder op een 5m x 5m raster) van de Dienst Hydrografie van de Afdeling Maritieme Toegang en in het noordoosten: gegevens uit het numerieke model ‘Randdelta-III’ (bodemdefinitie anno 1999) van Rijkswaterstaat.

Data	Coördinatenstelsel	Referentieniveau
Lodingen en D11	UTM31 – WGS84	GLLWS
Rasterdata Schelde	UTM31 – ED50	TAW
Randdelta-III	RD – Parijs	NAP
int 1564	OSGB	± LAT
int 1481	UTM31 – WGS84	

#### 4.2.3.3 Randvoorwaarden

De klassenindeling geeft een overzicht van de uit te voeren berekeningen. De berekeningen onderscheiden zich van elkaar in de randvoorwaarden, het windveld en de waterstand. De invoer van deze bepalende factoren is voor iedere berekening echter analoog:

- De vorm van het golfspectrum opgelegd aan de zeewaartse randen van het rooster is een Jonswap spectrum met 'peak enhancement' factor 3.3 en een  $\cos^2$  - (resp.  $\cos^{10}$ -) directionele spreiding voor zeegang (resp. deining.)
- De piekperiode (TPE) vervangt de steilheid ( $\lambda$ ) als onafhankelijke parameter en is in functie van zowel de steilheid als de golfhoogte ( $H_{m0}$ ):

$$TPE = \sqrt{\frac{H_{m0}}{1.56 \cdot \lambda}}$$

- Het windveld en de waterstand worden als constant beschouwd over het volledige rekenrooster.

#### 4.2.3.4 Fysische processen

##### DERDE GENERATIE

**GEN3 KOMEN:** Het derde generatiemodel wordt ingeschakeld voor de windtoevoer, de 'quadruplet' interacties en schuimkopjes. Hierbij wordt de formulering van Komen gespecificeerd voor de exponentiële aangroei van golven door de wind.

##### GOLFBREKING

**BREAK CON 1.00 0.73:** activeert de golfbreking volgens de formulering van Battjes en Janssen met aanpassingen door Nelson.

##### BODEMWRIJVING

**FRIC JON 0.0670:** activeert de bodemwrijving met de Jonswap formulering en coëfficiënt 0.0670.

### 4.3 Programma's

De programma's `gen_comb.exe`, `gen_inputf.exe` en `makebatch.exe` vormen één geheel in de automatisering van de SWAN berekeningen.

1. Het programma `gen_comb.exe` combineert de variabelen uit de klassenindeling en bepaalt zo de door te rekenen randvoorwaarden.
2. Het programma `gen_inputf.exe` maakt voor iedere set randvoorwaarden een SWAN – invoerbestand aan.
3. Het programma `makebatch.exe` maakt een batchfile aan; in dit bestand worden de opdrachten gegeven om de SWAN -berekeningen uit te voeren.
4. Door deze batchfile te activeren worden de verschillende berekeningen achtereenvolgens opgestart.

Het programma `WriteTransfm.exe` leest de uitvoer van de verschillende SWAN – berekeningen in en klasseert deze per locatie in een transformatiematrix. Bijlage C geeft een voorbeeld voor het uitvoeren van de opeenvolgende programma's tot en met het opstellen van de transformatiematrix.

Het programma `MulLinInt.exe` transformeert golfcondities van de invoerlocatie (in de praktijk locatie Westhinder) naar de gewenste uitvoerlocaties door ze te interpoleren in de transformatiematrix.

#### 4.3.1 Automatisering van de berekeningen

##### 4.3.1.1 `gen_comb.exe`

###### DOEL:

Bepalen van de door te rekenen combinaties van variabelen, i.e. de randvoorwaarden.

###### INVOER:

1. Het ASCII – bestand `klassen_**.txt` (vb: Bijlage C). Dit bestand bevat:

- het aantal (= 5) variabele condities,
- voor iedere variabele de naam , de eenheid, het aantal klassen en de indeling van die klassen,
- eventuele beperkingen opgelegd aan het aantal combinaties en
- eventuele afhankelijkheden tussen verschillende variabelen.

OUTPUT:

1. Het binair bestand combinaties\_\*\* bevat:

- op de eerste regel het woord: COMBINATIES,
- het aantal parameters in de combinaties,
- relevante informatie aangaande de parameters,
- het aantal combinaties en
- een identificatie van de verschillende combinaties.

GEBRUIK:

Alvorens het programma op te starten, dient de klassenindeling te worden opgemaakt in een tekstbestand met de naam klassen\_\*\*.txt , naar het voorbeeld Bijlage C. Na het opstarten van het programma verschijnen er twee 'user – interfaces'; het eerste vraagt het bestand met de klassenindeling op en het tweede vraagt de directory op waaronder het uitvoerbestand wordt geplaatst.

WERKWIJZE:

1. Inlezen van een op te geven bestand klassen\_\*\*.txt .
2. De klassen van de verschillende variabelen worden op alle mogelijke wijzen gecombineerd, gelet op de verbanden en de beperkingen. Iedere combinatie krijgt een naam mee.
3. Wegschrijven van het binair bestand combinaties\_\*\* in een op te geven directory.

#### 4.3.1.2 gen inputf.exe

DOEL:

Aanmaken van de SWAN – invoerbestanden voor iedere set van variabele condities.

INVOER:

1. Het binair bestand combinaties\_\*\* gegenereerd met het programma gen\_comb.exe
2. Een prototype SWAN – invoerbestand (Bijlage C)

OUTPUT:

Voor iedere combinatie wordt een bestand <NaamCombinatie>.swn weggeschreven onder dezelfde directory als het bestand combinaties\_\*\* .

GEBRUIK:

Alvorens het programma op te starten dient het prototype SWAN – invoerbestand te worden opgemaakt. Na het opstarten van het programma verschijnen er twee 'user – interfaces'; het eerste vraagt het prototype SWAN –invoerbestand op en het tweede een uitvoerbestand van gen\_comb.exe . De SWAN – invoerbestanden kunnen worden teruggevonden in dezelfde directory als het bestand dat de combinaties bevat.

WERKWIJZE:

1. Inlezen van het binair bestand met de combinaties\_\*\* .
2. Voor iedere combinatie wordt het prototype SWAN – invoerbestand regel per regel ingelezen, in de relevante regels worden met behulp van sleutelwoorden de karakteriserende variabelen aangepast en de regel wordt vervolgens weggeschreven in het SWAN – invoerbestand voor die combinatie.

OPMERKING:

Het commando NO WIND kan in de huidige versie niet worden opgegeven omdat het wordt vervangen door het commando WIND [vel] [dir]. Het is niet uitgesloten dat andere commando's hetzelfde probleem leveren.

#### 4.3.1.3 Makebatch.exe

DOEL:

Aanmaken van een batchfile voor de automatisatie van de verschillende SWAN - berekeningen.

**INVOER:**

Het binair bestand combinaties\_\*\* gegenereerd met het programma gen\_comb.exe .

Een ASCII – bestand met de commando's die in de batchfile voor iedere combinatie uitgevoerd moeten worden (Bijlage C).

**OUTPUT:**

Een of meerdere bestanden met de naam run001.bat (met een verschillend volgnummer.) in dezelfde directory als het bestand combinaties\_\*\* .

**GEBRUIK:**

Alvorens het programma op te starten moeten de combinaties uit de klassenindeling doorgerekend zijn en de uit te voeren commando's in een tekstbestand staan. Zorg ervoor dat de resultaten in een afzonderlijke map met de naam van de combinatie komen te staan en dat die mappen zich bevinden in dezelfde map als het bestand met de door te rekenen combinaties; zoniet rijzen er problemen bij het opstarten van WriteTransfm.exe . Na het opstarten van het programma verschijnen er drie user – interfaces; het eerste vraagt het bestand met de combinaties op, het tweede het bestand met de commando's, het derde vraagt het maximale aantal combinaties per batchfile. De batchfiles worden opgeslagen in dezelfde map als het bestand met de combinaties.

**WERKWIJZE:**

1. Inlezen van het binair bestand combinaties\_\*\* .
2. Wegschrijven van een inleidende set van commando's bij de aanvang van een nieuwe \*.bat – file.
3. Voor iedere combinatie wordt de set van commando's uit het opgeven ASCII – bestand herhaald waarbij het sleutelwoord COMBINATIE vervangen wordt door de naam van de betreffende combinatie. De werkwijze is dus dezelfde als in gen\_inputf.exe met dat verschil dat in gen\_inputf.exe voor iedere combinatie een afzonderlijk bestand wordt aangemaakt terwijl het hier juist expliciet de bedoeling is om de opdrachten onder één bestand op te geven.
4. Het \*.bat – bestand wordt afgesloten met een vaste set van commando's.
5. Het aantal combinaties dat onder een zelfde \*.bat – bestand wordt ondergebracht kan beperkt worden door in de user - interface het aantal op te geven.

## 4.3.2 Opstellen van de transformatiematrix

### 4.3.2.1 WriteTransfm.exe

**DOEL:**

Per uitvoerlocatie worden de berekende parameters uit de verschillende SWAN – runs ingelezen en samengebracht in een gestructureerde databank: de transformatiematrix.

**INVOER:**

1. TMinstruction.txt (Bijlage C): bevat instructies van de gebruiker aan het programma:
  - ☐ De naam van de directory waaronder de runs werden uitgevoerd,
  - ☐ de naam van het binair bestand gegenereerd door gen\_comb.exe,
  - ☐ het aantal groepen van uitvoerlocaties waarvoor de transformatiematrix opgevraagd wordt
  - ☐ de naam van het SWAN – uitvoerbestand waaronder de resultaten van een groep opgeslaan zijn en het aantal uitvoerlocaties van die groep.
2. Het binair bestand combinaties\_\*\* gegenereerd met het programma gen\_comb.exe
3. De relevante uitvoerbestanden van de SWAN – berekeningen van de combinaties.

**OUTPUT:**

Per opgegeven locatie een binair bestand met als inhoud de transformatiematrix (zoals eerder beschreven) voor die locatie.

**GEBRUIK:**

Alvorens het programma op te starten moet het bestand TMinstruction.txt in dezelfde map als het programma worden geplaatst. Na afloop van het programma kunnen de transformatiematrices teruggevonden worden in de door het instructiebestand opgegeven directory.

**WERKWIJZE:**

1. Inlezen van het bestand TMinstruction.txt (Bijlage C).



2. Inlezen van het bestand combinaties\_\*\* opgegeven in TMinstruction.txt onder de directory die eveneens opgegeven wordt door TMinstruction.txt .
3. Voor iedere opgegeven locatie wordt een transformatiematrix geïnitieerd; deze bevat zowel een feitelijke matrix als de volledige informatie over de structuur van die matrix.
4. De informatie omtrent de structuur van de matrix wordt overgenomen uit het bestand combinaties\_\*\* en uit het eerste in te lezen SWAN – bestand van de betrokken uitvoerlocatie.
5. De feitelijke matrices worden gevuld door voor iedere combinatie de SWAN - uitvoerbestanden in te lezen en de resultaten over te nemen.

### 4.3.3 Multilineaire Interpolatie

#### 4.3.3.1 MullinInt.exe

##### DOEL:

Transformatie van golfcondities van een invoerlocatie naar de gewenste uitvoerlocatie door toepassing van multilineaire interpolatie in de transformatiematrix.

##### INVOER:

1. De transformatiematrix van de invoerlocatie (in de praktijk locatie Westhinder.)
2. Een bestand met de te transformeren golfcondities van de invoerlocatie.
3. De transformatiematrix van de uitvoerlocatie.

##### OUTPUT:

Bestand met de getransformeerde golfcondities voor de uitvoerlocatie.

##### GEBRUIK:

1. Via een user interface wordt het bestand opgegeven dat de transformatiematrix van de invoerlocatie (in praktijk Westhinder) bevat; bv Transformatietabel\_WHI.
2. Via een user interface wordt het bestand opgegeven dat de door te rekenen golfcondities bevat. De eerste van het bestand bevat twee natuurlijke getallen: het eerste geeft het aantal golfcondities aan, het tweede getal geeft aan hoeveel verschillende parameters iedere combinatie bevat.
3. User Interface - Interpolatie parameters:
  - 3.1. 1<sup>ste</sup> kolom: de variabelen van de opgelegde klassenindeling
  - 3.2. 2<sup>de</sup> kolom (checkmarks):
    - 3.2.1. aangevinkt: reken met de opgelegde randvoorwaarde. (default)
    - 3.2.2. niet aangevinkt: reken met de berekende waarde op invoerlocatie (WHI)
  - 3.3. 3<sup>de</sup> kolom: Selectie uit de lijst berekende parameters op de invoerlocatie. Indien de checkbox in dezelfde rij niet is aangevinkt, vervangt de geselecteerde parameter de variabele in de klassenindeling.
  - 3.4. 4<sup>de</sup> kolom: Selectie uit de lijst van parameters door te rekenen golfcondities.
4. Via een user interface wordt het bestand opgegeven dat de transformatiematrix van een uitvoerlocatie bevat.
5. Indien de opgegeven locatie tot een grotere groep behoort moet men aangeven om de interpolatie te realiseren voor alle locaties van die groep of slechts voor die ene locatie.
6. Keuze van de te berekenen parameters op de uitvoerlocatie uit de lijst van de door SWAN berekende parameters voor die locatie.
7. Via een user interface wordt de naam van het uitvoerbestand opgegeven.

##### WERKWIJZE:

1. Inlezen van de transformatie van de invoerlocatie
2. Inlezen van de reeks te transformeren karakteristieken op de invoerlocatie
3. Voor iedere combinatie van golfkarakteristieken:
  - 3.1. Nagaan of de set golfkarakteristieken geen 'exception values' (= -999.0) bevat. Wanneer een gemeten tijdreeks wordt ingevoerd als randvoorwaarden, kan het gebeuren dat voor een bepaalde periode een van de meetstations niet gefunctioneerd heeft, in de reeks komen dan 'exception values' voor.
  - 3.2. Zoeken tot welk eindig element van de transformatieruimte een combinatie van golfkarakteristieken behoort. De uitkomst kan ook zijn dat er geen eindig element gevonden wordt, de golfkarakteristieken vallen dan buiten het domein van de transformatieruimte.

- 3.3. Bepalen van de relatieve bijdrage (de gewichten) van de verschillende SWAN – runs.
4. Inlezen van de transformatiematrix van de uitvoerlocatie.
5. Voor iedere combinatie van golfkarakteristieken:
  - 5.1. De berekende gewichten toepassen op de gewenste parameters
6. Wegschrijven van de reeks getransformeerde golfkarakteristieken op de uitvoerlocatie.
7. Eventueel nieuwe transformatiematrix inlezen van een andere uitvoerlocatie en hernemen vanaf punt 5.

## OPMERKING:

Om na te gaan tot welk eindig element een gegeven set van condities hoort en wat de gewichtscoefficienten van de uitgevoerde runs zijn, wordt het eindig element op een standaard referentie element geprojecteerd. Van het referentie element zijn de uitdrukkingen van de gewichtscoefficienten in de (referentie -) coördinaten gekend. Wanneer we de coördinaten van de gegeven set condities in het referentie element kennen, kunnen we de gewichtscoefficienten berekenen. De hoekpunten van het eindige element worden op de hoekpunten van het referentie element geprojecteerd, de projectie voor de overige elementen van het eindige element worden echter niet geformuleerd. De coördinaten van de combinatie ten opzichte van het referentie element, worden afgeleid uit een set van voorwaarden. Omdat de projectie de lineariteit en de gewichtscoefficienten moet behouden, kunnen we een stelsel van 5 vergelijkingen opstellen voor de 5 onbekenden (de coördinaten in het referentie element.) Het stelsel wordt volledig herschreven en opgelost met de subroutine mnewt [12]. Wanneer de gevonden referentiecoördinaten niet binnen de grenzen van het referentie element vallen, behoort de gegeven set van condities niet tot het opgegeven eindig element. Wanneer de referentiecoördinaten wel binnen het domein van het referentie element vallen, kunnen de gewichtscoefficienten eenvoudig berekend worden met de reeds gekende uitdrukkingen.

Het stelsel van vergelijkingen:

De gewichtscoefficienten in de referentieruimte:

$$\begin{array}{ll}
 \sum_{i=1}^{32} N_i(\xi, \eta, \alpha, \beta, \gamma) \cdot x_i = x^* & N_1 = (1 - \xi) \cdot (1 - \eta) \cdot (1 - \alpha) \cdot (1 - \beta) \cdot (1 - \gamma) / 2^5 \\
 \sum_{i=1}^{32} N_i(\xi, \eta, \alpha, \beta, \gamma) \cdot y_i = y^* & N_2 = (1 + \xi) \cdot (1 - \eta) \cdot (1 - \alpha) \cdot (1 - \beta) \cdot (1 - \gamma) / 2^5 \\
 \sum_{i=1}^{32} N_i(\xi, \eta, \alpha, \beta, \gamma) \cdot z_i = z^* & N_3 = (1 - \xi) \cdot (1 + \eta) \cdot (1 - \alpha) \cdot (1 - \beta) \cdot (1 - \gamma) / 2^5 \\
 & \dots \\
 \sum_{i=1}^{32} N_i(\xi, \eta, \alpha, \beta, \gamma) \cdot u_i = u^* & N_{31} = (1 - \xi) \cdot (1 + \eta) \cdot (1 + \alpha) \cdot (1 + \beta) \cdot (1 + \gamma) / 2^5 \\
 \sum_{i=1}^{32} N_i(\xi, \eta, \alpha, \beta, \gamma) \cdot v_i = v^* & N_{32} = (1 + \xi) \cdot (1 + \eta) \cdot (1 + \alpha) \cdot (1 + \beta) \cdot (1 + \gamma) / 2^5
 \end{array}$$

Waarbij de variabelen als volgt gedefinieerd worden:

- $(x^*, y^*, z^*, u^*, v^*)$ : de coördinaten van de combinatie in de transformatieruimte.
- $(\xi, \eta, \alpha, \beta, \gamma)$ : de (gezochte) coördinaten van de combinatie in het referentie-element.
- $(\xi, \eta, \alpha, \beta, \gamma)$ : de coördinaten van een roosterpunt  $i$  (van het eindige element) in de transformatieruimte.
- $N_i$ : de gewichtscoefficienten voor de roosterpunt  $i$  (van het eindige element.)

## 5 VERWERKEN VAN DATA

### 5.1 Datareeksen opmaken

#### 5.1.1 Meteoreeksen.exe

DOEL:

De verschillende tijdreeksen winddata combineren. Er zijn verschillende mogelijkheden om reeksen van verschillende stations, MP0 & MP7 te combineren; ontbrekende data van het ene station aanvullen met data van het andere station, een reeks opstellen met de maxima van de twee reeksen of een reeks opstellen met de gemiddelde waarde van twee reeksen.

INVOER:

Het bestand met de oorspronkelijke tijdreeksen windsnelheden en – richtingen.

OUTPUT:

Eén bestand met de bewerkte tijdreeksen.

GEBRUIK:

Opgeven van de bestandsnamen van het invoer – en uitvoerbestand met een user interface.

WERKWIJZE:

1. Inlezen van het invoerbestand.
2. Ontbrekende waarde in de tijdreeks van MP0 aanvullen met waarden uit de tijdreeks van MP7, hetgeen resulteert in de reeks '0E7'.
3. Ontbrekende waarde in de tijdreeks van MP7 aanvullen met waarden uit de tijdreeks van MP0, hetgeen resulteert in de reeks '7E0'.
4. Een nieuwe tijdreeks 'M07' opstellen met de maximale gemeten windsnelheden en overeenkomstige windrichting voor ieder tijdstip op MP0 en MP7,
5. Een nieuwe tijdreeks 'F07' opstellen met het Fisher – gemiddelde (Bijlage E) van de gemeten wind voor ieder tijdstip op MP0 en MP7.
6. Wegschrijven van de bekomen tijdreeksen met de subroutine WriteTMML, iedere reeks wordt beschouwd als de metingen van een station.

#### 5.1.2 WaterstandReeksen.exe

Analoog aan het programma MeteoReeksen.exe, maar voor waterstanden i.p.v. wind.

DOEL:

De ontbrekende waterstanden uit een tijdreeks van een vlotter aanvullen met data uit de tijdreeks van een andere vlotter.

INVOER:

De bestanden met de oorspronkelijke tijdreeksen van de verschillende vlotters.

UITVOER:

Eén bestand met de verschillende aangevulde tijdreeksen.

GEBRUIK:

Opgeven van de bestandsnamen van de in – en uitvoerbestanden met een user interface.

WERKWIJZE:

1. Inlezen van de invoerbestanden.
2. Omzetten van de waterstand naar SI – eenheden.
3. Ontbrekende waarden in de tijdreeksen aanvullen met waterstanden uit de overige reeksen, hetgeen resulteert in verschillen nieuwe reeksen, bv ON\_ of ONZ; de eerste reeks is de tijdreeks van de vlotter te Oostende aangevuld met de tijdreeks te Nieuwpoort, de tweede is de eerste reeks aangevuld met de tijdreeks gemeten te Zeebrugge.
4. Wegschrijven van de aangevulde tijdreeksen in één bestand met de subroutine WriteTMML.

## 5.2 Vergelijken van datareeksen

### 5.2.1 VglData.exe

#### DOEL:

Het vergelijken van datareeksen uit verschillende bronnen, vb een tijdreeks na multilineaire interpolatie in de transformatiematrix versus boeigegevens.

#### INVOER:

Twee bestanden met de te vergelijken datareeksen die overeenstemmen in tijdstippen of opgelegde randvoorwaarden.

#### UITVOER:

1. Voor iedere vergelijking tussen parameters een ASCII – bestand dat de statistische parameters bevat.
2. Voor iedere vergelijking tussen parameters een \*.mat – bestand dat de matrices bevat waarmee men met het programma VglDataGrafieken.m de grafieken kan aanmaken in Matlab.

#### GEBRUIK:

1. Keuze maken van het type van een reeks: een gemeten tijdreeks of een reeks met opgemaakte combinaties. Voor de combinaties heeft men nog eens de keuze tussen een (gestructureerde) transformatiematrix en ongestructureerde (onafhankelijke) combinaties.
2. Keuze maken van de bron van de twee te vergelijken reeksen; reeks2 wordt aan de referentiereeks getoetst. Voor beide reeksen kan men de keuze maken tussen meetgegevens (enkel voor tijdreeksruns), SWAN – runs (rechtstreekse resultaten uit SWAN) en SWAN + interpolatie (resultaten na interpolatie in de transformatiematrix.)
3. Opgeven van het bestand met de referentiereeks.
4. Opgeven van het bestand met de tweede reeks.
5. Opgeven welke locaties van de groep vergeleken moeten worden.
6. Request Form: opstellen van de te vergelijken reeksen
  - 6.1. Keuze parameter uit de 1ste reeks met multiplicatiefactor (default 1) en sommatieconstante (default 0.) De 3 variabelen worden opgegeven in de eerste drie rijen van de eerste kolom.
  - 6.2. Keuze parameter uit de 2de reeks met multiplicatiefactor (default 1) en sommatieconstante (default 0.) De 3 variabelen worden opgegeven in de eerste drie rijen van de tweede kolom.
  - 6.3. Voor tijdreeksen: tijdsinterval tussen referentiereeks en reeks2, (het tijdsinterval wordt opgeteld bij de tijdstap van reeks 2.) Het tijdsinterval wordt aangegeven in de vierde rij: de eerste kolom bevat de grootte van de tijdstap (een geheel getal, default 0) en in de tweede kolom wordt de eenheid gekozen: minuten (MN) of uren (HR.)
  - 6.4. Toevoegen aan lijst te maken vergelijkingen.
  - 6.5. In de rechteronderhoek van de user interface bevindt zich een check box met de indicatie \*.xyz. Wanneer men deze aanvinkt volgt het programma een andere parcours beschreven in gebruik 2.
7. Naam opgeven voor het bestand waarin de statistieken worden opgeslagen (\*.txt)
8. Naam opgeven voor het bestand waarmee de grafieken met VglDataGrafieken.m kunnen worden aangemaakt.
9. Opmaak voor de grafieken aangeven:
  - 9.1. Titel van de grafiek voor de tijdreeksen
  - 9.2. Legende aanduiding voor de referentiereeks en reeks2
  - 9.3. kleurcode (uit Matlab) van de grafiek van de referentiereeks en reeks2
10. De drie vorige stappen worden herhaald voor iedere opgegeven vergelijking.
11. Keuze om een nieuwe set van bronreeksen te vergelijken: ja / nee. (Opmerking: de bestanden die eerder tijdens dezelfde run van het programma opgegeven zijn kunnen niet terug opgegeven worden. Om éénzelfde bestand opnieuw te gebruiken moet men het programma opnieuw opstarten.)

#### GEBRUIK 2:

6. Wanneer men op de 'request form' de check box in de rechteronderhoek aanduidt volgt het programma een andere parcours. Het programma maakt dan voor iedere vergelijking en iedere statistische parameter die opgevraagd wordt een apart bestand aan. Het bestand kan in D3D worden

ingelezen als lodingen ('samples') en bevat voor iedere locatie in de eerste twee kolommen de coördinaten van die uitvoerlocatie en in de derde kolom de statistische parameter voor die uitvoerlocatie.

7. In het volgende venster kan men aanduiden welke statistische parameters men wil opvragen.

#### WERKWIJZE:

Voor iedere opgegeven vergelijking worden de reeksen samengesteld. Vervolgens worden de statistische parameters berekend en wegschreven, hetzij in tabelvorm, hetzij in een \*.xyz bestand. Tenslotte wordt het \*.mat bestand aangemaakt indien het normale parcours gevolgd wordt.

### 5.2.2 VglDataGrafieken.m

#### DOEL:

Programma voor de geautomatiseerde aanmaak van grafieken voor vergelijkende reeksen bekomen uit het FORTRAN - programma VglData.exe.

#### INVOER:

6. Een \*.mat bestand aangemaakt met programma VglData.exe.

#### UITVOER:

1. Een jpg – bestand met de scatterplot van de twee reeksen.
2. Indien de reeksen tijdreeksen zijn; een jpg – bestand met de tijdsevolutie van de twee reeksen in een grafiek.

#### GEBRUIK:

Verander de namen van de in – uitvoerbestanden in de programmacode.

#### WERKWIJZE:

1. Openen van het invoerbestand.
2. Indien de reeksen van het type tijdreeks zijn wordt een grafiek in functie van de tijd opgesteld.
  - 2.1. Tijdstippen definiëren adhv begin, -eindtijd en tijdsinterval.
  - 2.2. Grafiek plotten en opmaken.
  - 2.3. Grafiek bewaren.
3. Scattergrafiek plotten, opmaken en bewaren

## 6 RESULTATEN

In dit hoofdstuk wordt er veel gebruik gemaakt van statistische parameters. Een gedetailleerde beschrijving van de gebruikte statistische parameters is terug te vinden in Bijlage E.

### 6.1 *Verschillende resoluties voor het geografische rooster*

De idee achter dit onderdeel is te onderzoeken in hoeverre de resolutie van het geografische rooster invloed heeft op de SWAN – uitkomsten. Hiertoe definiëren we alle roosterpunten (van het 250x250 grid) als uitvoerpunten en herhalen een beperkt aantal berekeningen met een toenemende roosterresolutie (1km\*1km, 500m\*500m, 250m\*250m). Voor iedere resolutie maken we een datareeks op; een tijdreeksrun voor de maand oktober 1997 met een tijdsinterval van zes uur. Deze datareeksen vergelijken we twee aan twee met het programma VglData.exe met de functionaliteit om de statistische parameters in D3D als lodingen in te lezen. Vervolgens kunnen we de statistische parameters in D3D interpoleren op het 250m\*250m rooster, dit laat ons toe om de convergentie na te gaan en kritische zones te localiseren. Kritische zones worden verwacht in de buurt van steile profielen en ondiepe gebieden.

In de onderstaande paragrafen worden de volgende aanduidingen gebruikt:

- R1000 : reeks van de berekende gegevens met een roosterresolutie van 1000m \* 1000m
- R500 : reeks van de berekende gegevens met een roosterresolutie van 500m \* 500m
- R250 : reeks van de berekende gegevens met een roosterresolutie van 250m \* 250m

#### 6.1.1 Kritische zones

Figuur 5 geeft de scatterindices (Bijlage E, definitie Luo [16]) voor de significante golfhoogte tussen de berekeningen met verschillende roosterresolutie weer voor het volledige rooster.

De donker gekleurde zones geven aan waar de resultaten conform zijn voor de verschillende resoluties. Dit betekent dat de resultaten op het grovere rooster redelijk betrouwbaar zijn als men het fijnere rooster als referentie kan nemen. Moest een verdere resolutie verfijning mogelijk zijn voor deze zones dan zal het waarschijnlijk niet veel betere resultaten opleveren voor deze zones.

De gele en groene zones duiden op een grote spreiding op de berekende golfhoogte tussen de runs op verschillende resoluties. In deze zones is het minder betrouwbaar dat bij een verdere resolutie verfijning de resultaten gelijkaardig blijven, dit zijn de 'kritische zones'. De gebieden met grote spreiding op de resultaten bevinden zich in het Schelde estuarium, de regio van de Vlaamse banken en vlak langs de kustlijn. Deze gebieden zijn uitgebreider wanneer we R1000m vergelijken met R250 dan wanneer we R500 vergelijken met R250. De overgang van R1000 naar R500 heeft de resultaten duidelijk verbeterd.

∴ De meeste uitvoerpunten liggen in de 'meer betrouwbare' zone; de uitvoerpunten van de 5m-lijn die zich in de 'minder betrouwbare' zone bevonden langs de kustlijn zijn iets zeewaarts verplaatst. Een 'minder betrouwbare' zone ligt in het (uiterste) westen, ter hoogte van de Vlaamse banken, en van de haven Zeebrugge tot de hoek van Breskens, waar nog veel uitvoerpunten van de 5m-lijn liggen. In ondiepe zones is de golfhoogte sterk afgenomen, wanneer de absolute fout gelijk blijft of slechts licht afneemt, zal de relatieve fout toenemen.

#### 6.1.2 'Convergentie'

Wanneer we in SWAN een zelfde berekening meerdere malen herhalen met een toenemende nauwkeurigheid in de beschrijving van de bathymetrie, dan verwachten we dat de golfkarakteristieken steeds nauwkeuriger berekend worden. De berekeningen op het 500m -grid zouden dus beter moeten zijn dan de berekeningen op het 1000m rooster, de berekeningen op het 250m rooster zouden nog beter moeten zijn dan de berekeningen op het 500m rooster. We verwachten dat, naarmate de resolutie toeneemt, de berekende golfkarakteristiek convergeert naar de golfkarakteristiek die we in werkelijkheid zouden meten. Vermits we de exacte oplossing niet kennen, kunnen we deze convergentie niet aantonen. We kunnen echter wel nagaan of de resultaten op het 500m – grid beter aansluiten bij die van het 250m, dan van het 1km rooster. Indien dit het geval is, schept het vertrouwen dat de reeks daadwerkelijk convergeert.

De scatterindex is een zinvolle indicator om de 'convergentie' van de roosterverfijning na te gaan omdat ze een maat geeft van de spreiding van de resultaten: hoe groter de spreiding, hoe groter de scatterindex. We verwachten dat [R500 versus R250] een betere overeenkomst geeft dan [R1000 versus R250]. Figuur 6 geeft voor ieder roosterpunt het verschil tussen de scatterindex van [R1000 versus R250] en de scatterindex van [R500 versus R250].

Voor de locaties waar het verschil positief is (groene kleur) sluiten de berekeningen op het 500m –grid het beste aan bij die op het 250m grid, waar het verschil negatief is (rode kleur) sluiten de berekeningen op het 1000m grid beter aan bij die van het 250m grid. De kaart is overwegend groen gekleurd, de rode vlekjes en stippen die op de kaart voorkomen liggen voornamelijk buiten het interessegebied. (De minimale respectievelijk maximale voorkomende waarde is  $-0.273$  respectievelijk  $3.221$ , beide roosterpunten zijn gelegen in de Scheldemonding.) De rode vlekjes en stippen worden gelabeld in Figuur 7. Ook in deze figuur komt naar voor dat de regio van de Vlaamse banken en dan vooral in Franse wateren minder consistente resultaten opleveren.

∴ Figuur 6 bevestigt (lees: ontkracht niet) de intuïtieve stelling dat de resultaten convergeren naarmate de roosterresolutie wordt opgevoerd. Hiermee wordt echter niet aangetoond dat de resultaten convergeren naar de realiteit. Om te kunnen aantonen dat de resultaten convergeren naar de werkelijkheid zou men over meetgegevens over het volledige rekenrooster moeten beschikken.

## 6.2 Multilineaire Interpolatie in de Transformatiematrix

De idee achter dit onderdeel is te evalueren of multilineaire interpolatie te rechtvaardigen is. Een mogelijkheid is om de transformatiematrix methode te vergelijken met de tijdreeks methode, in dat geval zijn er twee aannames die invloed uitoefenen, de multilineaire interpolatie en de vorm van het spectrum. Om het effect van multilineaire interpolatie te isoleren, worden een aantal willekeurige combinaties van de geïntegreerde parameters enerzijds op dezelfde wijze in SWAN berekend als de elementen van de klassenindeling en anderzijds multilineair geïnterpoleerd in de transformatiematrix. We kiezen de door te rekenen combinaties min of meer centraal in ieder eindig element van de transformatieruimte.

Indien multilineaire interpolatie niet gerechtvaardigd kan worden dan betekent dit dat de resolutie van de klassenindeling te grof is.

[Hm0]	BIAS	RMSE	Sc1	gem. proc. afw.
BVHD	-1cm	0.12m	0.06	+2%
OSTG	-2cm	0.13m	0.07	+0%
5mV	min = -3cm max = +2cm gem = -1cm	min = 0.09m max = 0.14m gem = 0.12m	min = 0.05 max = 0.09 gem = 0.07	min = -2% max = +1% gem = -1%

[TPE]	BIAS	RMSE	Sigma/Sc1	gem. proc. afw.
BVHD	-0.38s	1.48s	0.14	-1%
OSTG	-0.17s	1.11s	0.10	+0%
5mV	min = -0.44s max = -0.07s gem = -0.24s	min = 0.86s max = 1.86s gem = 1.38s	min = 0.08 max = 0.22 gem = 0.14	min = -5% max = -1% gem = -2%

[Tm01]	BIAS	RMSE	Sc1	gem. proc. afw.
BVHD	+0.00s	0.57s	0.10	+1%
OSTG	-0.06s	0.52s	0.09	+0%
5mV	min = -0.14s max = +0.37s gem = +0.01s	min = 0.47s max = 1.14s gem = 0.59s	min = 0.08 max = 0.25 gem = 0.11	min = -1% max = +11% gem = +1%

[Tm02]	BIAS	RMSE	Sc1	gem. proc. afw.
BVHD	+0.28s	0.88s	0.19	+7%
OSTG	+0.20s	0.75s	0.15	+5%

5mV	min = 0.14s max = 0.59s gem = 0.29s	min = 0.72s max = 1.40s gem = 0.92s	min = 0.14 max = 0.37 gem = 0.20	min = +4% max = +21% gem = +8%
-----	---	---	--	--------------------------------------

De bovenstaande tabellen geven een beperkt aantal statistische parameters.

Wat de golfhoogte betreft geeft de multilineaire interpolatie in de transformatiematrix een goede overeenkomst met de rechtstreekse SWAN berekeningen. Globaal over de beschouwde uitvoerlocaties genomen is er een lichte onderschatting van de (geïntegreerde) significante golfhoogte ( $H_{m0}$ ), met een gemiddelde 'root mean square error' (RMSE) van 12cm en een maximale RMSE van 14cm. De vergelijking van  $H_{m0}$  wordt grafisch voorgesteld in een 'scatterplot' (Figuur 8). In het scatterplot zijn tevens de ideale regressie en de regressie door de oorsprong afgebeeld. De datapunten zijn sterk geconcentreerd rond de ideale regressielijn, dit geldt zeker voor de lage golfhoogtes en in iets mindere mate voor de grotere golfhoogtes. Het laatste is mogelijks te wijten aan de breedte tussen de invoerclassen (van de golfhoogte) op de rand van het domein. De invoerclassen voor de golfhoogte zijn namelijk 1m, 2m, 3.5m en 5m.

Wat betreft de piekperiode, geeft de multilineaire interpolatie, gemiddeld over alle berekeningen, nog steeds een redelijke overeenkomst met de rechtstreekse SWAN berekeningen. Voor alle uitvoerlocaties, uitgemiddeld over de verschillende runs, is er een onderschatting van de piekperiode. Uitgemiddeld over de beschouwde uitvoerlocaties, bedraagt deze onderschatting ongeveer een kwart seconde, met een maximale onderschatting van ongeveer een halve seconde. De resultaten zijn echter verspreid: de gemiddelde RMSE bedraagt 1.38s en de maximale RMSE bedraagt 1.86s, hetgeen duidelijk naar vore treedt in de scatterplot van de piekperiode voor de Oostendeboei (Figuur 9). Opvallend aan deze grafiek is de uitlijning van de datapunten op een aantal verticalen. Deze verticale uitlijning is inert aan de discrete structuur van het frequentie spectrum in de SWAN – berekeningen. Hoewel de transformatiematrix ook door SWAN - berekeningen is opgebouwd, wordt de discretisatie gemaskerd door de middeling tussen verschillende runs. Dit gegeven verklaart enigszins de waargenomen afwijking tussen de verschillende benaderingswijzen, maar het is niet het enige aspect. Een tweede aspect is het voorkomen van dubbelgepekte spectra (Figuur 33) bij verschillende runs van zowel de transformatiematrix als de rechtstreeks berekeningen. De dubbele piek wordt in een afzonderlijke appendix (Bijlage F) behandeld.

De geïntegreerde periodes  $T_{m01}$  en  $T_{m02}$ , zouden in principe in mindere mate onderhevig moeten zijn aan deze discretisaties. De statische parameters verbeteren er echter niet waarneembaar op, de waarde van de RMSE is dan wel kleiner, maar de gemiddelde waarde voor de periodes eveneens.  $T_{m01}$  levert misschien een iets beter resultaat op dan TPE,  $T_{m02}$  daarentegen presteert slechter volgens de statistische parameters. Ook grafisch komt dit tot uiting, terwijl de datapunten voor de scatterplot van  $T_{m01}$  (Figuur 10) redelijk geconcentreerd liggen rond de ideale regressie - lijn, is de spreiding voor  $T_{m02}$  groter (Figuur 11).

Conclusie: de multilineaire interpolatie levert een bevredigend resultaat voor de significante golfhoogte en een iets minder goed resultaat voor de piekperiodes. In de verdere bespreking van de resultaten (4.3, 4.4 & 4.5) blijkt de karakteriserende periode steeds opnieuw problemen te leveren, die in belang groter zijn dan de afwijking die optreedt door toedoen van de multilineaire interpolatie.

### 6.3 Transformatiematrix versus Tijdreeks

Uit vorig onderdeel blijkt dat multilineariteit acceptabel is, een andere aanname bij de transformatiematrix methode is de vorm van het opgelegde spectrum. De idee achter dit onderdeel is na te gaan in welke mate de berekeningen worden beïnvloed wanneer we voor de randvoorwaarden het (reële) gemeten spectrum vervangen door een Jonswap spectrum met dezelfde geïntegreerde parameters als het gemeten spectrum. De tijdreeks wordt op twee wijzen opgesteld: met het programma bounspec.exe stellen we de tijdreeks op die we in SWAN kunnen invoeren en met het programma TMMI\_Tijdreeks.exe stellen we de tijdreeks op die we in MulLinInt.exe kunnen invoeren. Na het uitvoeren van de nodige berekeningen kunnen de reeksen vergeleken worden met programma VgIDa.ta.exe. Om de tijdreeks op te stellen, kunnen we een keuze maken voor de golf - /windrichting tussen de richting van de laag frequente golven, de richting van de hoog frequentie en de windrichting. Die keuze hebben we niet gemaakt, we hebben de drie reeksen alledrie doorgevoerd in het programma MulLinInt.exe. Voorts hebben we de keuze om de condities te interpoleren met betrekking tot de opgelegde randvoorwaarden en de locatie Westhinder. Wanneer we een tijdreeks opleggen, wordt de gemeten directionele spectra WHI opgelegd aan de rand van het domein. Om de methode van transformatiematrix te vergelijken met de methode van de tijdreeks worden de condities in de transforma



tiematrix eveneens opgelegd aan de rand van het domein. De vergelijking beslaat de periode oktober 1997 met een tijdsinterval van zes uur. Er wordt niet ingegaan op de suggestie uit het "Verkennd Onderzoek" (3.1 en [8]) om de wind over een periode van één uur te middelen. Het middelen van cyclische grootheden is niet evident: wanneer de windcondities sterk wijzigen gedurende het tijdsinterval zal de berekende gemiddelde wind (kwalitatief) een andere invloed op de golfvoortplanting hebben dan de tijdsevolutie van de wind.

[Hm0]/RHF	BIAS	RMSE	Sc1	gem. proc. afw.
BVHG	+14cm	0.19m	0.10	+12%
OSTG	+12cm	0.18m	0.11	+12%
5mV	min = +1cm max = +15cm gem = +10cm	min = 0.09m max = 0.22m gem = 0.16m	min = 0.07 max = 0.15 gem = 0.10	min = +1% max = +19% gem = +10%

[TPE]/RHF	BIAS	RMSE	Sc1	gem. proc. afw.
BVHG	+1.10s	1.76s	0.25	+23%
OSTG	+0.99s	1.53s	0.20	+20%
5mV	min = +0.43s max = +1.43s gem = +0.95s	min = 1.33s max = 1.92s gem = 1.57s	min = 0.20 max = 0.28 gem = 0.22	min = +10% max = +30% gem = +20%

[Tm01]/RHF	BIAS	RMSE	Sc1	gem. proc. afw.
BVHG	+0.50s	0.71s	0.13	+14%
OSTG	+0.57s	0.75s	0.13	+15%
5mV	min = +0.24s max = +0.63s gem = +0.48s	min = 0.44s max = 0.85s gem = 0.68s	min = 0.10 max = 0.17 gem = 0.13	min = +7% max = +18% gem = +13%

[Hm0]/RLF	BIAS	RMSE	Sc1	gem. proc. afw.
BVHG	+20cm	0.25m	0.12	+19%
OSTG	+21cm	0.27m	0.15	+22%
5mV	min = +5cm max = +27cm gem = +18cm	min = 0.17m max = 0.31m gem = 0.24m	min = 0.10 max = 0.24 gem = 0.14	min = +9% max = +34% gem = +20%

[TPE]/RLF	BIAS	RMSE	Sc1	gem. proc. afw.
BVHG	+1.39s	1.94s	0.26	31%
OSTG	+1.13s	1.76s	0.24	24%
5mV	min = +0.37s max = +1.51s gem = +1.12s	min = 1.31s max = 1.98s gem = 1.72s	min = 0.21 max = 0.28 gem = 0.24	min = +10% max = +33% gem = +25%

[Tm01]/RLF	BIAS	RMSE	Sc1	gem. proc. afw.
BVHG	+0.60s	0.75s	0.12	+17%
OSTG	+0.69s	0.82s	0.12	+20%
5mV	min = +0.36s max = +0.80s gem = +0.63s	min = 0.35s max = 0.48s gem = 0.42s	min = 0.11 max = 0.15 gem = 0.12	min = +12% max = +24% gem = +18%

[Hm0]/WRS	BIAS	RMSE	Sc1	gem. proc. afw.
BVHG	+15cm	0.20m	0.10	15%
OSTG	+14cm	0.19m	0.10	14%
5mV	min = +3cm	min = 0.10m	min = 0.08	min = +5%
	max = +14cm	max = 0.19m	max = 0.13	max = +17%
	gem = +10cm	gem = 0.16m	gem = 0.10	gem = +12%

[TPE]/WRS	BIAS	RMSE	Sc1	gem. proc. afw.
BVHG	+1.03s	1.62s	0.23	+22%
OSTG	+1.00s	1.54s	0.20	+20%
5mV	min = +0.48s	min = 1.33s	min = 0.20	min = +11%
	max = +1.43s	max = 1.92s	max = 0.27	max = +30%
	gem = +0.94s	gem = 1.58s	gem = 0.22	gem = +20%

[Tm01]/WRS	BIAS	RMSE	Sc1	gem. proc. afw.
BVHG	+0.52s	0.72s	0.13	14%
OSTG	+0.59s	0.77s	0.13	15%
5mV	min = +0.27s	min = 0.49s	min = 0.11	min = +8%
	max = +0.64s	max = 0.84s	max = 0.16	max = +18%
	gem = +0.50s	gem = 0.69s	gem = 0.13	gem = +13%

In vergelijking met de statistische parameters uit het vorige onderdeel (4.2), duiden de huidige parameters op een veel sterkere afwijking tussen de vergeleken datareeksen. Dit is evident omdat er een bijkomende aanname gemaakt moet worden, wat de onzekerheid doet toenemen. De mate waarin de statistische parameters veranderen is echter van die aard dat de aanname van de vorm van het spectrum (een Jonswap spectrum op basis van de geïntegreerde parameters van het reële spectrum) een veel brutere aanname is dan de multilineaire interpolatie.

Om de aanname van de vorm van het spectrum te isoleren (zonder de onzekerheid van de multilineaire interpolatie) en zo afzonderlijk te beoordelen, kan de tijdreeks op twee manieren doorgerekend worden: een tijdreeks doorrekenen met als randvoorwaarden; enerzijds met volledige spectra en anderzijds met Jonswap spectra met dezelfde geïnterpoleerde parameters (als de reële spectra.)

Het opgeven van de richting van de laag frequente golven voor de golf -/ windrichting is duidelijk de minst geslaagde vergelijking, dit geldt absoluut voor de significante golfhoogte en in mindere mate voor de piekperiode en periode Tm01. De keuze tussen de richting van de hoog frequente golven en de windrichting is evenwaardig, met een lichte voorkeur voor de richting van de hoog frequente golven. Figuren 12, 13 & 14, (resp. 15, 16 & 17, resp. 18, 19 & 20) tonen de scatterplots en tijdsgrafieken ter hoogte van de Oostende boei voor de significante golfhoogte, (resp. piekperiode, resp. Tm01) ze verschillen onderling in de karakteriserende richting (richting van de hoog frequente golven, richting van de laag frequente golven en windrichting.)

De significante golfhoogtes worden over het algemeen hoger ingeschat door de transformatiematrix dan door de tijdreeksruns. De piekperiodes worden consequent hoger ingeschat door de transformatiematrix dan door de tijdreeksruns, met uitzondering van de hoogste piekperiodes. Dit houdt in dat de tijdreeksruns meer energie toekennen aan de hogere frequenties dan door de interpolatie in de transformatiematrix gebeurt. Tm01 wordt ook consequent hoger ingeschat door de transformatiematrix dan door de tijdreeksruns.

De verdere bespreking volgt in onderdeel 6.6, waar de prestaties van de methode van de transformatiematrix afgewogen worden tegen de presentaties van de tijdreeksruns.

#### 6.4 Transformatiematrix versus Meetgegevens

In de vorige onderdelen is steeds een afzonderlijk aspect van de methode van de transformatiematrix onder de loep genomen. Dit onderdeel behandelt de totale prestatie van de transformatiematrix in confrontatie met de realiteit. Ook hier moeten we keuze maken welke richtingsvariabele we opgeven als maatgevend voor golf -/ windrichting. In vergelijking met de meetgegevens is het wel zinvol om de condities te betrekken op de locatie Westhinder. Dit levert ons meerdere vergelijkingen:

- RVWD – RLF: de opgegeven tijdreeks wordt volledig betrokken op de randvoorwaarden, met de richting van de laag frequente golven als maatgevende variabele voor de golf -/ windrichting.
- RVWD – RHF: de opgegeven tijdreeks wordt volledig betrokken op de randvoorwaarden, met de richting van de hoog frequente golven als maatgevende variabele voor de golf -/ windrichting.
- RVWD – WRS: de opgegeven tijdreeks wordt volledig betrokken op de randvoorwaarden, met de windrichting als maatgevende variabele voor de golf -/ windrichting.
- WHI – RLF: de opgegeven tijdreeks wordt betrokken op de locatie Westhinder, met de richting van de laag frequente golven als maatgevende variabele voor de golf -/ windrichting.
- WHI – RLF2: de opgegeven tijdreeks wordt betrokken op de locatie Westhinder, met de richting van de laag frequente golven als maatgevende variabele voor de golf -/ windrichting. De richtingsvariabele wordt betrokken op de opgelegde randvoorwaarde omdat bij zeer schuin invallende golven de richting sterk kan veranderen alvorens Westhinder te bereiken.
- WHI – RHF: de opgegeven tijdreeks wordt betrokken op de locatie Westhinder, met de richting van de hoog frequente golven als maatgevende variabele voor de golf -/ windrichting.
- WHI – RHF2: idem aan WHI – RLF2, met dat verschil dat de maatgevende richting de richting van de hoog frequente golven is.
- WHI – WRS: de opgegeven tijdreeks wordt betrokken op de locatie Westhinder, met de richting van de hoog frequente golven als maatgevende variabele voor de golf -/ windrichting.

De vergelijking tussen de twee reeksen beslaat de periode van oktober tot en met december 1997, met een tijdsinterval van een halfuur. Voor de meetboeien beschikken we niet over de geïntegreerde parameters, de vergelijkingen die werden gemaakt zijn: 1.06\*H33 voor meetgegevens versus Hm0 voor de transformatiematrix en 1.4\*GTZ voor meetgegevens versus TPE voor de transformatiematrix.

BVHG/Hm0	BIAS	RMSE	Sc1	gem. proc. afw.
RVWD – RLF	+22cm	0.35m	0.23	26%
RVWD – RHF	+13cm	0.28m	0.19	12%
RVWD – WRS	+12cm	0.28m	0.19	12%
WHI – RLF	+24cm	0.37m	0.23	25%
WHI – RLF2	+20cm	0.33m	0.22	22%
WHI – RHF	+15cm	0.31m	0.20	13%
WHI – RHF2	+12cm	0.27m	0.18	10%
WHI – WRS	+11cm	0.27m	0.18	10%

OSTG/Hm0	BIAS	RMSE	Sc1	gem. proc. afw.
RVWD – RLF	+20cm	0.40m	0.32	+36%
RVWD – RHF	+3cm	0.26m	0.19	+7%
RVWD – WRS	+1cm	0.26m	0.19	+5%
WHI – RLF	+21cm	0.43m	0.31	+34%
WHI – RLF2	+17cm	0.38m	0.29	+29%
WHI – RHF	+5cm	0.29m	0.21	+8%
WHI – RHF2	+1cm	0.24m	0.18	+4%
WHI – WRS	+0cm	0.23m	0.17	+3%

TRGG/Hm0	BIAS	RMSE	Sc11	gem. proc. afw.
RVWD – RLF	+27cm	0.36m	0.22	+36%
RVWD – RHF	+15cm	0.24m	0.16	+17%
RVWD – WRS	+12cm	0.23m	0.16	+14%
WHI – RLF	+27cm	0.37m	0.21	+32%
WHI – RLF2	+24cm	0.33m	0.20	+29%
WHI – RHF	+16cm	0.25m	0.16	+17%
WHI – RHF2	+13cm	0.22m	0.14	+14%
WHI – WRS	+11cm	0.20m	0.14	+12%

BVHG/TPE	BIAS	RMSE	Sc11	gem. proc. afw.
RVWD – RLF	+0.04s	1.06s	0.18	+1%
RVWD – RHF	+0.02s	1.08s	0.17	+0%
RVWD – WRS	-0.11s	1.07s	0.17	-2%
WHI – RLF	+0.19s	1.13s	0.19	+3%
WHI – RLF2	+0.10s	1.10s	0.18	+2%
WHI – RHF	+0.16s	1.12s	0.18	+2%
WHI – RHF2	+0.10s	1.10s	0.18	+1%
WHI – WRS	-0.02s	1.09s	0.17	-1%

OSTG/TPE	BIAS	RMSE	Sc11	gem. proc. afw.
RVWD – RLF	-0.20s	1.06s	0.16	-3%
RVWD – RHF	-0.03s	0.96s	0.15	-1%
RVWD – WRS	-0.12s	1.01s	0.15	-2%
WHI – RLF	-0.01s	1.05s	0.16	+0%
WHI – RLF2	-0.13s	1.08s	0.17	-2%
WHI – RHF	+0.16s	0.93s	0.14	+2%
WHI – RHF2	+0.06s	0.94s	0.14	+0%
WHI – WRS	-0.02s	0.99s	0.15	-1%

TRGG/TPE	BIAS	RMSE	Sc11	gem. proc. afw.
RVWD – RLF	+0.06s	0.85s	0.14	+1%
RVWD – RHF	+0.21s	0.88s	0.14	+3%
RVWD – WRS	+0.15s	0.87s	0.14	+2%
WHI – RLF	+0.13s	0.88s	0.15	+2%
WHI – RLF2	+0.07s	0.87s	0.14	+1%
WHI – RHF	+0.31s	0.90s	0.14	+4%
WHI – RHF2	+0.26s	0.87s	0.14	+4%
WHI – WRS	+0.22s	0.87s	0.14	+3%

De methode van de transformatiematrix scoort in vergelijking met de meetgegevens het beste voor de *significante golfhoogte* wanneer de golfcondities (met uitzondering van de richting) op invoerlocatie Westhinder worden betrokken. Wat de keuze van karakteristieke richting betreft scoort de windrichting een weinig beter dan de richting van de hoog frequente golven, de richting van de laag frequente golven scoort veel minder goed. Voor de *piekperiode* zijn de verschillende opties min of meer evenwaardig. De scatterplots en tijdsgrafieken van de reeksen WHI – WRS, RVWDn – WRS en WHI – RLF ten opzichte van de metingen worden weergegeven in de figuren 21-23 voor de significante golfhoogte en figuren 24-26 voor de piekperiode.

Voor de volledigheid moeten we hier opmerken dat de grootte van de statistiek voor de richting van de laag frequente golven, meer dan de helft groter is dan voor de overige statistieken. De reden hiervoor is dat de laag frequente golven (deining) nagenoeg altijd vanuit dieper water komen en dus uit een van de richtingen opgenomen in de transformatiematrix. Wanneer een onderscheid wordt gemaakt in de opgelegde randvoorwaarden en men voor golven met voornamelijk laag frequente energie de richting RLF zou opgeven en golven met voornamelijk hoog frequente energie de richting RHF zou opgeven, zou er meer overeenstemming met de realiteit moeten zijn. Het opsplitsen van dubbelgepiekte gemeten spectra alvorens in te voeren in de transformatiematrix past ook in dit kader.

### 6.5 Tijdsreeks versus Meetgegevens

Dit onderdeel beoordeelt de prestatie van de methode van de tijdsreeks in confrontatie met meetgegevens. De vergelijking tussen tijdsreeks en meetgegevens beslaat de periode oktober 1997 met een tijdsinterval van 6h. Voor de meetboeien beschikken we niet over de geïntegreerde parameters, de vergelijkingen die werden gemaakt zijn:  $1.06 \cdot H_{33}$  voor meetgegevens versus  $H_{m0}$  voor de tijdsreeks en  $1.4 \cdot GTZ$  voor meetgegevens versus TPE voor de tijdsreeks. (Dit zijn dezelfde vergelijkingen als in het vorige onderdeel.)

[Hm0]	BIAS	RMSE	ScI1	gem. proc. afw.
BVHG	+7cm	0.21m	0.25	21%
OSTG	+5cm	0.22m	0.30	+21%
TRGG	+13cm	0.21m	0.24	+39%
A2B	+10cm	0.22m	0.24	+27%
AKZGo	+5cm	0.22m	0.19	+15%

[TPE]	BIAS	RMSE	ScI1	gem. proc. afw.
BVHG	-0.90s	1.58s	0.25	-17%
OSTG	-1.14s	1.73s	0.23	-20%
TRGG	-0.88s	1.54s	0.25	-18%
A2B	-1.10s	1.73s	0.25	-21%
AKZGo	-0.66s	1.35s	0.21	-12%

De statistische analyse werd herhaald voor geselecteerde tijdstippen waarvoor de condities binnen de begrenzingen van de transformatiematrix liggen. Als basis voor de selectie werden de tijdstippen opgenomen die in de vergelijking tussen transformatiematrix en de tijdsreeks voorkomen, voor de reeksen WRS en RHF.

[Hm0]	BIAS	RMSE	ScI1	gem. proc. afw.
BVHG	-7cm	0.26m	0.18	-3%
OSTG	-15cm	0.31m	0.20	-6%
TRGG	+1cm	0.23m	0.18	+3%
A2B	+1cm	0.24m	0.18	+3%
AKZGo	-18cm	0.26m	0.10	-9%

[TPE]	BIAS	RMSE	ScI1	gem. proc. afw.
BVHG	-0.82s	1.48s	0.20	-13%
OSTG	-0.79s	1.44s	0.18	-12%
TRGG	-0.59s	1.26s	0.18	-10%
A2B	-0.59s	1.30s	0.18	-10%
AKZGo	-0.40s	1.22s	0.17	-7%

De methode van de tijdsreeks overschat de significante golfhoogte en onderschat de piekperiode. Blijkbaar wordt er relatief teveel energie toegewezen aan de hogere frequenties. Wanneer we enkel de tijdstippen selecteren waarvoor de condities binnen de beperkingen van de transformatiematrix vallen, komen de reeksen beter overeen, maar is de grootte van de statistiek beperkt.

Opmerking: In het verkennend onderzoek [8] werd (ook) geconstateerd dat de golfhoogte wordt overschat bij aflandige wind. Dit heeft te maken met beperkingen bij de uitgevoerde runs voor 'fetch-limited' condities en zou nader onderzocht moeten worden.

## 6.6 Transformatiematrix & Tijdreeks versus Meetgegevens

Deze paragraaf vergelijkt de prestaties van de methode van de transformatie matrix met de prestaties van de methode van tijdreeks. De tijdreeks die in de transformatiematrix werd ingevoerd, heeft een 3 maal langere periode en een kleiner tijdsinterval, dan de tijdreeks die rechtstreeks met SWAN werd berekend.

In de volgende discussie worden de reeksen WHI –WRS & WHI - RHF2, als referentie voor de methode van de transformatiematrix gebruikt.

De methode van de transformatiematrix presteert beter dan de methode van de tijdreeks. Voor de significante golfhoogte zijn de afwijkingen in absolute waarden weliswaar groter voor de methode van de transformatiematrix, maar de afwijkingen in relatieve waarden zijn kleiner. De transformatiematrix maakt een preselectie van de hogere golven op de invoerlocatie Westhinder. Zo worden, bijvoorbeeld, de golfhoogtes op Westhinder die kleiner zijn dan 1m weggefilterd omdat ze niet geïnterpoleerd kunnen worden in de transformatiematrix. Door die preselectie worden enkel de grotere golven getransformeerd en vergeleken: op grotere golven zit gemakkelijk een grotere absolute fout: dit uit zich in de 'root mean square error' (RMSE.) Wanneer voor de tijdreeks-methode dezelfde preselectie wordt ingevoerd dan verbetert de relatie tussen de resultaten van de tijdreeks en de meetgegevens, maar zijn nog net iets minder goed dan de overeenkomst tussen de resultaten van de methode van de transformatiematrix en de meetgegevens.

De conclusie dat werken met de transformatiematrix lichtjes betere resultaten oplevert is echter voorbarig, vermits niet hetzelfde aantal punten aanwezig is in de vergelijking meetgegevens-transformatie als in de vergelijking meetgegevens-tijdreeks. Bovendien werden voor de tijdreeksen niet dezelfde analyse-inspanningen gedaan als voor de transformatiematrix waaruit de reeksen WHI-WRS en WHI-RHF2 als beste naar voren kwamen. Dit alles zou verder in detail moeten onderzocht worden.

## 6.7 Vergelijkingen met het Oostende rapport

Deze paragraaf maakt de vergelijking tussen de runs uitgevoerd voor het Oostende rapport [10] en de berekeningen uitgevoerd voor de golfdatabank. De vergelijking wordt gevoerd tussen de opgelegde randvoorwaarden, hierbij merken we op dat de rekenroosters niet volledig aan elkaar gelijk zijn.

locatie OSTG		BIAS	RMSE	ScI1	gem. proc. afw.
matrix	parameter				
Normale Condities	Hm0	-8cm	0.19m	0.09	-5%
	TPE	+0.15s	1.96s	0.18	+3%
Extreme Waarden	Hm0	+11cm	0.14m	0.02	+2%
	TPE	-0.05s	0.66s	0.06	+0%

De statistische parameters tonen een sterke overeenkomst tussen de transformatiematrices voor de extreme waarden en in iets minder mate voor de transformatiematrices voor normale condities. Vooral de piekperiodes bij normale condities wijken sterk van elkaar af. Figuur 31 resp. Figuur 32 geeft de scatterplots voor de transformatiematrix van normale condities resp. extreme waarden voor de parameters significante golfhoogte en piekperiode. De scatterplots voor de significante golfhoogte geven een duidelijke overeenkomst tussen de transformatiematrices, die scherper is afgelijnd voor de extreme waarden dan voor de normale condities. De scatterplots voor de piekperiodes lijken op het eerste zicht een ander beeld te geven dan de statistische parameters en de regressielijnen lijken niet te kloppen. Het beeld dat we krijgen is verstoord doordat de piekperiodes enkel discrete waarden (die afhankelijk zijn van het opgegeven frequentie rooster) kunnen aannemen, hierdoor vallen een groot aantal datapunten exact samen, waardoor ze niet van elkaar te onderscheiden zijn. Vandaar dat er visueel veel minder datapunten in de plots van de piekperiode voorkomen dan in de corresponderende plots van de significante golfhoogte, terwijl de grootte van de statistiek nochtans gelijk is. Aan de hand van de ligging van de regressielijnen kunnen we afleiden welke "bollekes" in grotere mate tot de statistiek bijdragen. De regressielijnen vertegenwoordigen nagenoeg een één-op-één relatie, opvallend zijn de punten verder verwijderd van de regressielijnen. Ook hier reist het vermoeden dat het ontstaan van dubbele pieken, met hun bifurcatief gedrag, de achterliggende reden vormen voor de sterke afwijkin-

gen. Tot slot: het voorkomen van dubbele pieken is geen exclusiviteit van dit rapport, maar vinden we ook terug in de berekeningen van het Oostenderapport.

## 7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Op basis van een groot aantal SWAN-berekeningen die golfcondities vertalen van diep water naar diverse locaties op ondiep water (d.i. de zogenaamde methode van de transformatiematrix), werd een numerieke golfdatabank samengesteld.

Deze numerieke golfdatabank vormt een uitbreiding op de bestaande golfdatabank die gebaseerd is op golfboeimetingen. De numerieke golfdatabank is meer gebiedsdekkend, maar minder accuraat want gebaseerd op simulaties in plaats van metingen.

De numerieke golfdatabank werd getoetst aan de bestaande golfdatabank voor enkele boeilocaties. Hieruit werden de volgende suggesties afgeleid:

- De golfcondities op diep water die men in de transformatiematrix opgeeft, worden - met uitzondering van de golfrichting - best op de locatie Westhinder betrokken.
- De windrichting en de richting van de hoog frequente golven geven een betere indicator dan de richting van de laag frequente golven.

Met inachtnaam van deze suggesties, komen we tot de volgende conclusies voor wat betreft de validatieperiode oktober tot en met december 1997 en de boeilocaties Bol van Heist [BVH], Oostende [OST] en Trapegeer [TRG]):

- Gemiddeld over de beschouwde periode, wordt de significante golfhoogte tot een tiental centimeter overschat, de RMSE bedraagt tussen 20cm à 30cm, met een scatterindex gaande van 0.14 [TRG] tot 0.18 [BVH] en [OST]. Een individuele run kan zowel een onder- als een overschatting geven.
- Gemiddeld over de beschouwde periode, is er voor de golfperiode op de locaties [BVH] en [OST] geen duidelijke onderschatting of overschatting, individuele runs kunnen een afwijking geven van 4s zowel positief als negatief. De piekperiode voor de locatie [TRG] wordt gemiddeld gezien 0.20s overschat. Dat de piekperiode op de boeilocatie Trapegeer gemakkelijker overschat wordt is te wijten aan de ligging ervan in de regio van de Vlaamse banken. De tweede piek die ontstaat in de berekeningen wint aan relatief belang in deze zone.

Voorzichtigheid is aangewezen bij het aanwenden van de transformatiematrix:

- Het bifurcatief gedrag van de piekperiode - d.i. het al dan niet te rechtvaardigen ontstaan van dubbele pieken in de berekende golfspectra - kan tot onfysische piekperiodes leiden bij interpolatie in de matrix. Als representatieve golfperiode kan echter voor een andere (geïntegreerde) periode geopteerd worden.
- Alvorens geïntegreerde parameters 'blindelings' in te voeren in de transformatiematrix zou een spectrale analyse de resultaten positief kunnen beïnvloeden. Een volledige spectrale analyse waarbij spectra eventueel in golfvelden opgesplitst worden zou ideaal zijn. Een simpele suggestie is om op basis van de grootte van de piekperiode de richting van de hoog frequente golven dan wel de richting van de laag frequente golven op te leggen. Een andere eenvoudige aanpassing is om de windsnelheid op 0m/s in te stellen wanneer de windrichting tegengesteld is aan de golfrichting.

Naast deze praktische overwegingen zijn er ook fundamentele kwesties die verder onderzoek verdienen:

- Is de keuze van de klassenindeling volledig fysisch verantwoord ?
- Is de keuze van de klassenindeling volledig compatibel/conform met de formuleringen in SWAN ?
- Hoe presteert SWAN en wat zijn (momenteel) de tekortkomingen ?
- Wat ligt aan de oorzaak van het ontstaan van de dubbele pieken in de berekende golfspectra ?
- Een nadere analyse van de overschatting van de golfhoogte bij afluide wind.
- Een verderzetting van het vergelijkend onderzoek van de prestaties van de meer fysische methode van de tijdreeksruns met deze van de methode van transformatiematrix.



De prestaties en tekortkomingen van SWAN als leverancier voor hydraulische randvoorwaarden op ondiep water, worden regelmatig onderzocht (voornamelijk in Nederland). Het is raadzaam deze ontwikkelingen te volgen en de vooropgestelde methodologie desgevallend aan te passen, weliswaar rekening houdend met de specifieke context van de Vlaamse Kust (Vlaamse Banken).

Daarnaast is het zinvol om de validatie van de numerieke golfdatabank verder te zetten langsheen de Vlaamse (en stukken Nederlandse) kust en de Westerscheldemonding, gebruik makend van beschikbare gegevens van Vlaamse en Nederlandse golfmeetboeien die nog niet in onderhavige studie werden benut.

Tenslotte dient aangestipt te worden dat de beschikbare tools voor consultatie van de numerieke golfdatabank momenteel nog beperkt zijn en nog verder ontwikkeld moeten worden uit oogpunt van gebruiksvriendelijkheid.

Borgerhout, maart 2004

Dr. ir. Tom De Mulder  
Waterbouwkundig Laboratorium

prof. Dr. ir. Jaak Monbaliu  
Laboratorium voor Hydraulica  
K.U. Leuven

Gezien,

Dr. Frank Mostaert,  
afdelingshoofd Waterbouwkundig Laboratorium  
en Hydrologisch Onderzoek

## 8 REFERENTIES

- [1] Afdeling Waterbouwkundig laboratorium en Hydrologische Onderzoek, Algemene offerte - aanvraag voor aanneming van diensten, bestek nr. 16EB/00/11, Veiligheidsniveau Vlaanderen Kustverdediging; Opmaak van een golfdatabank voor de Vlaamse Kust, 2000
- [2] Alkyon, SWAN fysica plus, tekst, in opdracht van Rijkswaterstaat/RIKZ, 2002.
- [3] Alkyon, SWAN fysica plus, appendices, in opdracht van Rijkswaterstaat/RIKZ, 2002.
- [4] AWZ, Hydro Meteo Atlas – Meetnet Vlaamse Banken, november 2001
- [5] Dhatt G. & G. Touzot [Engelstalige versie: Cantin G]., The finite element displayed, John Wiley & Sons, 1985
- [6] De Wit Kathleen, Hydrodynamic modelling of the wave and current pattern in front of eroding coast at Knokke – Zoute, text, M. Sc. Thesis, University of Cantabria, Santander, Spain, March 2001
- [7] De Wit Kathleen, Hydrodynamic modelling of the wave and current pattern in front of eroding coast at Knokke – Zoute, annex figures, M. Sc. Thesis, University of Cantabria, Santander, Spain, March 2001
- [8] Defevere W., L. Ronco & J. Monbaliu, Verkennend onderzoek ter bepaling van het golfklimaat, tekst, KULeuven, in opdracht van de Afdeling Waterwegen Kust, november 2000.
- [9] Defevere W., L. Ronco & J. Monbaliu, Verkennend onderzoek ter bepaling van het golfklimaat, figuren, KULeuven, in opdracht van de Afdeling Waterwegen Kust, november 2000
- [10] IMDC & Alkyon, Structureel herstel van de kustverdediging te Oostende en verbetering van de haventoeegang naar de haven van Oostende; hydrodynamische randvoorwaarden voor het ontwerp - waterstanden & golfklimaat, in opdracht van de Afdeling Waterwegen Kust (bestek nr. 16/EH/01/27), 2002.
- [11] Laboratorium voor Hydraulica, Golfvoortplantingsmodel voor de zuidelijke Noordzee, KULeuven, in opdracht van Afdeling WLH (bestek nr. 16EB/2000/08), april 2002.
- [12] Press W. H. et al, Numerical Recipes (FORTRAN), Cambridge University Press, 1990
- [13] Ris R. C., Spectral modelling of wind waves in coastal areas, doctoral thesis; Delft University of Technology, juni 1997
- [14] TUDelft, SWAN Cycle 2 version 40.01 User Manual(not the short version), september 1999
- [15] Young, I. R., Wind generated ocean waves, Elsevier, First edition 1999
- [16] Luo, W., Wind wave modelling in shallow water, Doctoraatsthesis, Departement Burgerlijke Bouwkunde K.U.Leuven
- [17] Groen P. en Dorrestein R., "Zeegolven", Opstellen op Oceanografisch en Maritiem Meteorologisch Gebied, No. 11, Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage, Nederland, 1976, 124 p.

# FIGUREN

23267 AKKAERT99  
 29287 BLIGH99  
 3683 D11\_2002  
 9498 FAIRY94  
 19409 GOOTE98  
 12563 HINDER95  
 17286 KWIMID00  
 12717 NORDHIN00  
 20170 ODY97  
 20074 RAAN99  
 33470 RAT01  
 24116 RUYT99  
 2070 STRAND040302 (strandlodingen uitgevoerd op 4 maart 2002)  
 1571 STRAND050302 (strandlodingen uitgevoerd op 5 maart 2002)  
 1562 STRAND060801 (strandlodingen uitgevoerd op 6 augustus 2001)  
 3061 STRAND100501 ...  
 849 STRAND101201 ...  
 862 STRAND120302  
 1712 STRAND121001  
 1482 STRAND151001  
 1999 STRAND161001  
 2489 STRAND171001  
 3085 STRAND181001  
 1404 STRAND191001  
 2158 STRAND191101  
 707 STRAND201101  
 1401 STRAND230401  
 2117 STRAND230801  
 3663 STRAND240701  
 2490 STRAND240801  
 1830 STRAND240901  
 2102 STRAND250601  
 2316 STRAND250701  
 2247 STRAND280801  
 1389 STRAND300701  
 17921 THOR97  
 937 VG\_ZONE77  
 32078 WDH97\_OLD  
 22677 WH96  
 16857 WHBE94  
 18417 WHROUTE99  
 306 WRAK\_2002  
 28892 WS00  
 29329 ZW97

De lodingen van de Dienst Hydrografie ingedeeld in meetcampagnes:  
aantal peilingen en naam van de meetcampagne

In de naamgeving zit het jaartal van de opname verwerkt



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
 EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
 Borgerhout - Antwerpen

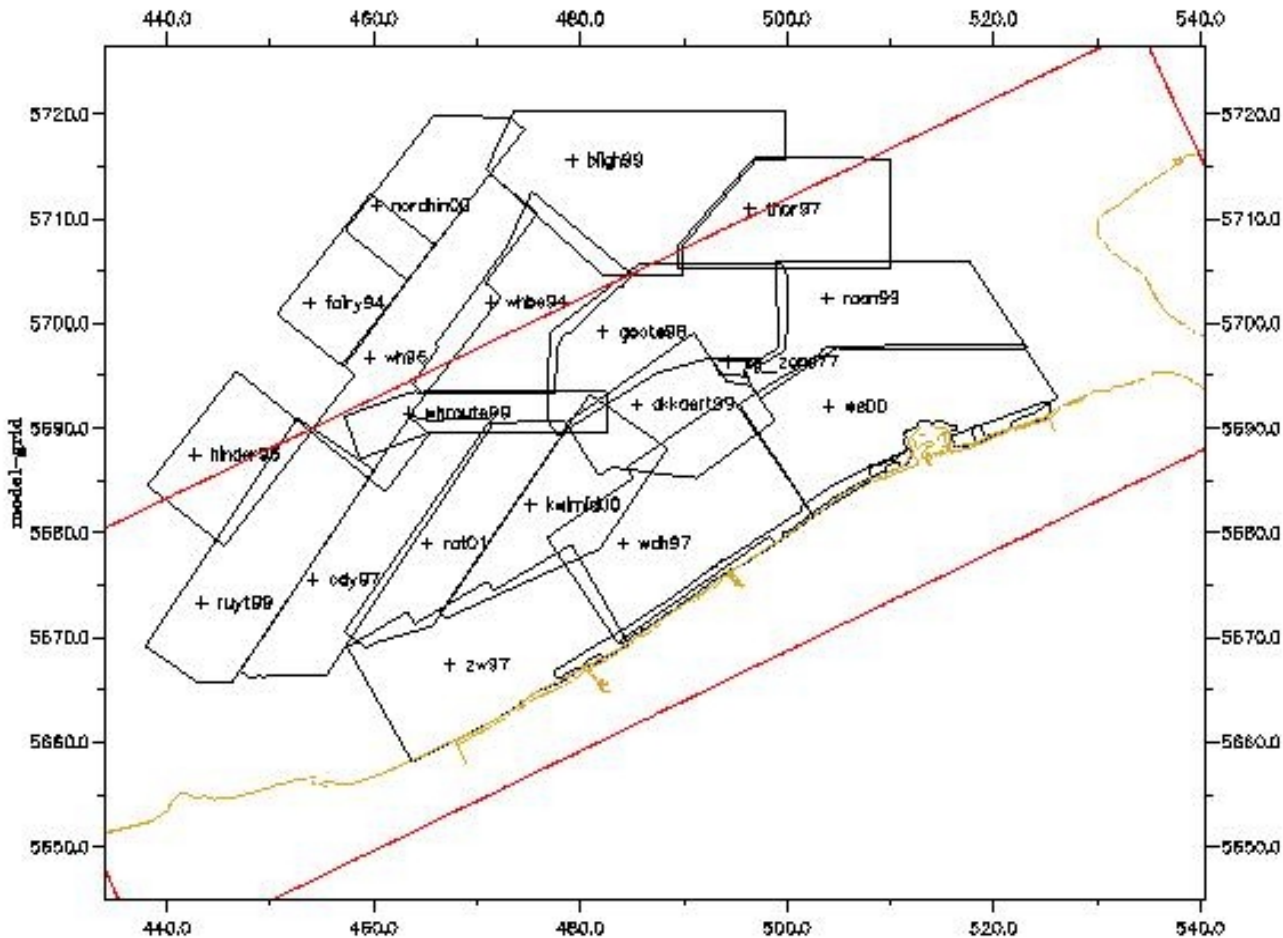
**M 644**

Figuur 1



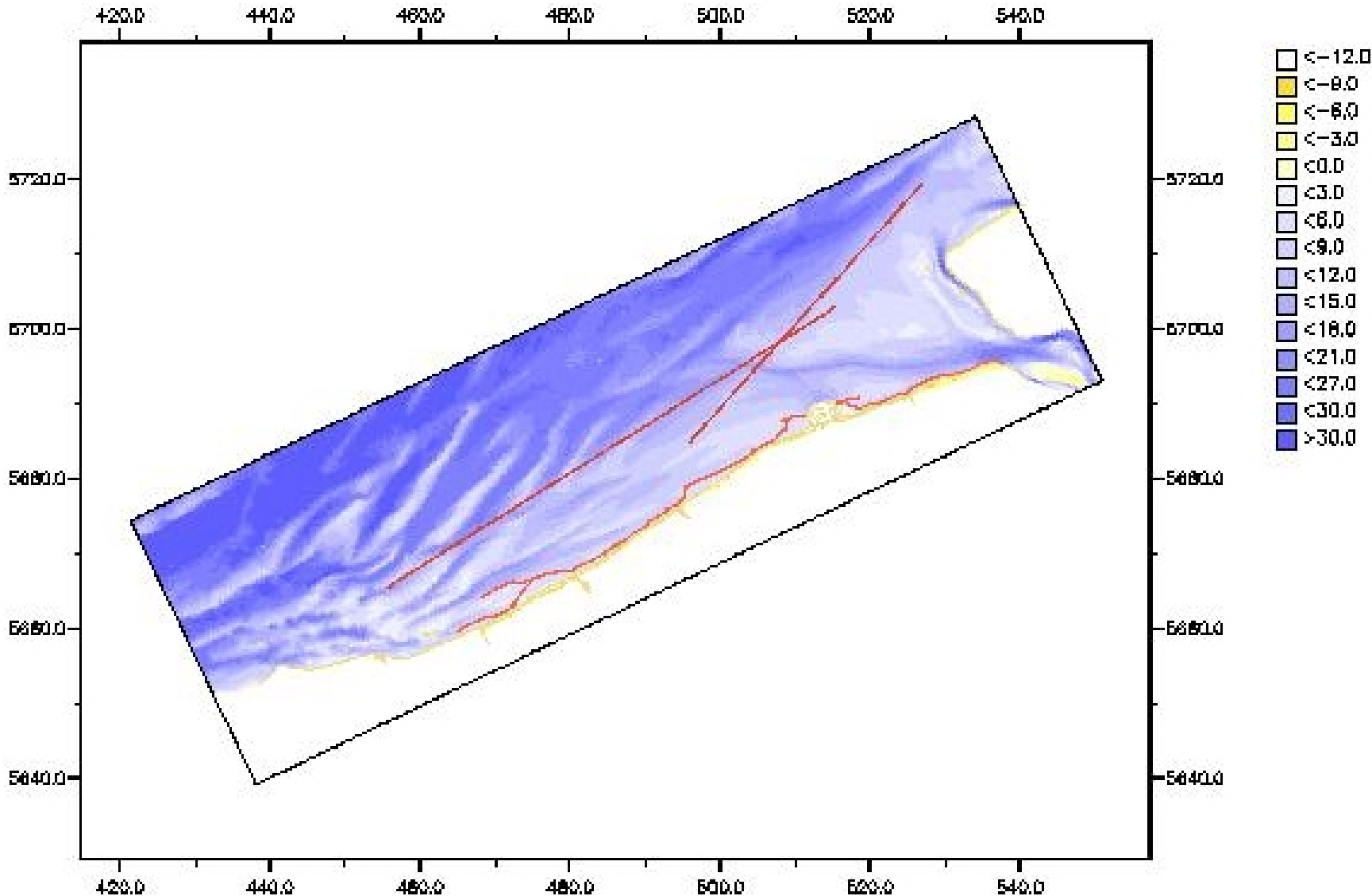
De lodingen van de Dienst Hydrografie opgesplitst naar de meetcampagne

De cijfers in de naamgeving geven het jaartal van de peilingen aan



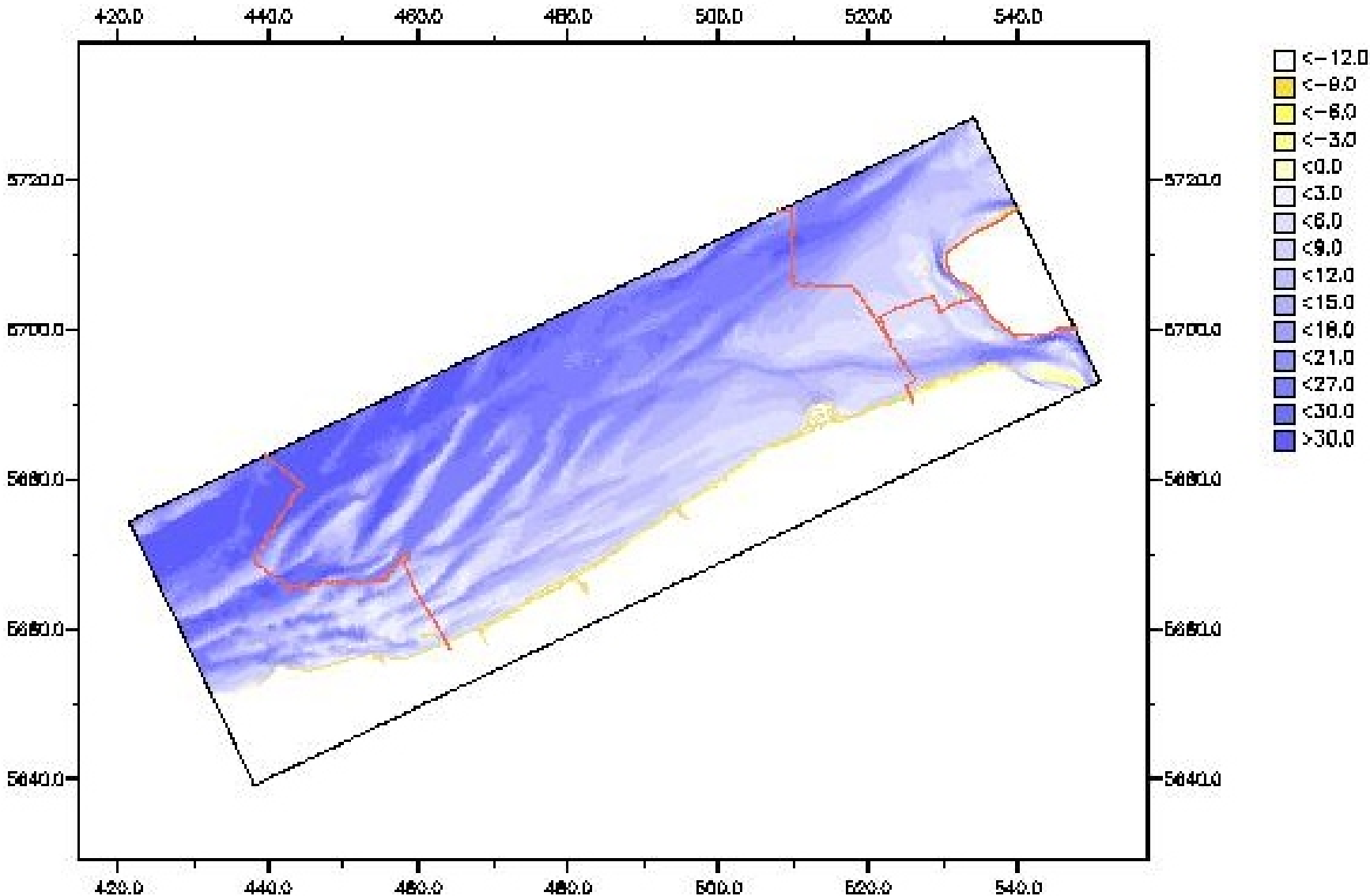


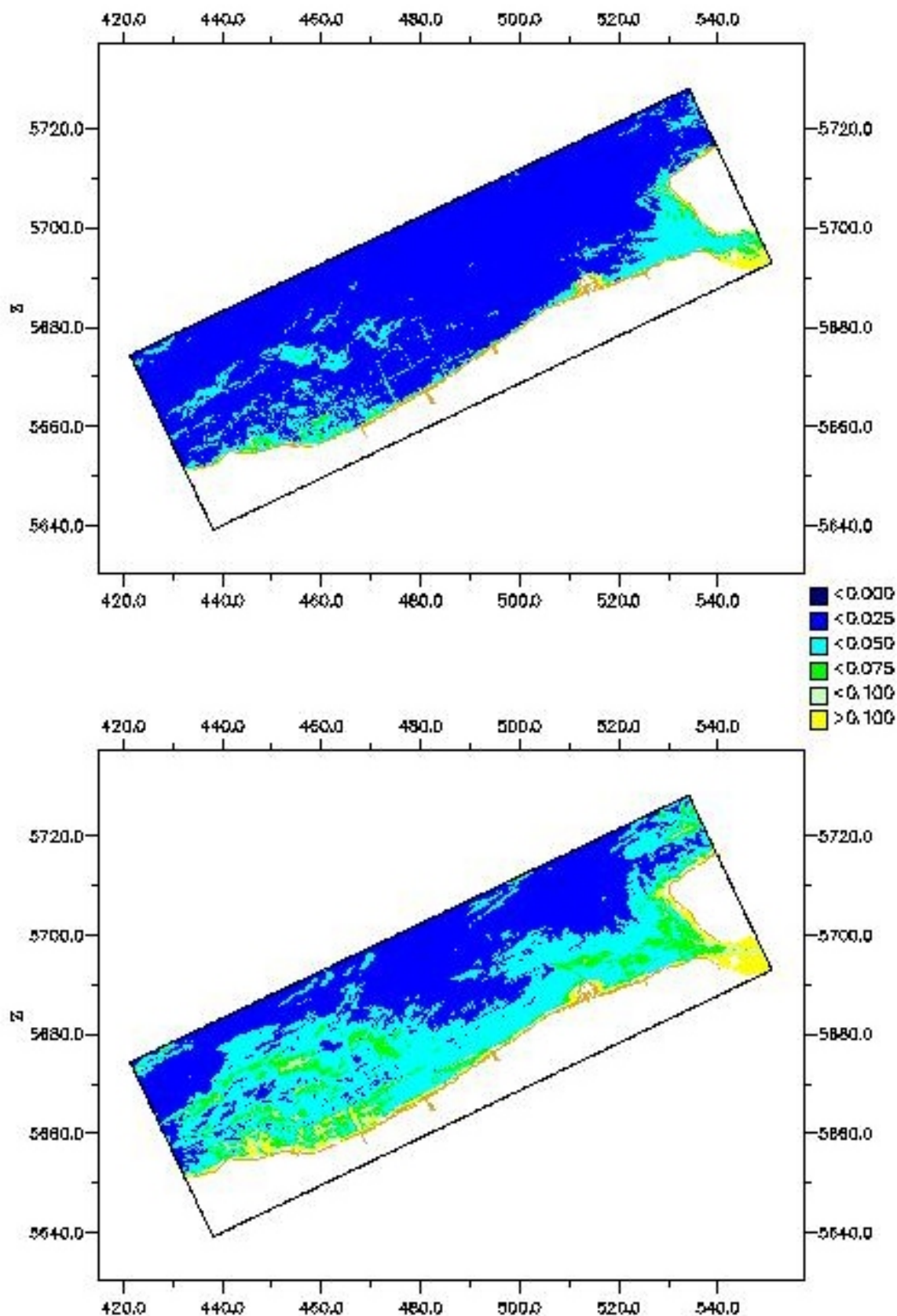
Bathymetrie en uitvoerlijnen





Bathymetrie en afbakening van de gebieden op basis van de oorsprong van de dieptegegevens





Scatterindices voor de significante golfhoogte ( $H_{m0}$ ) van

A) R500 versus R250

B) R1000 versus R250

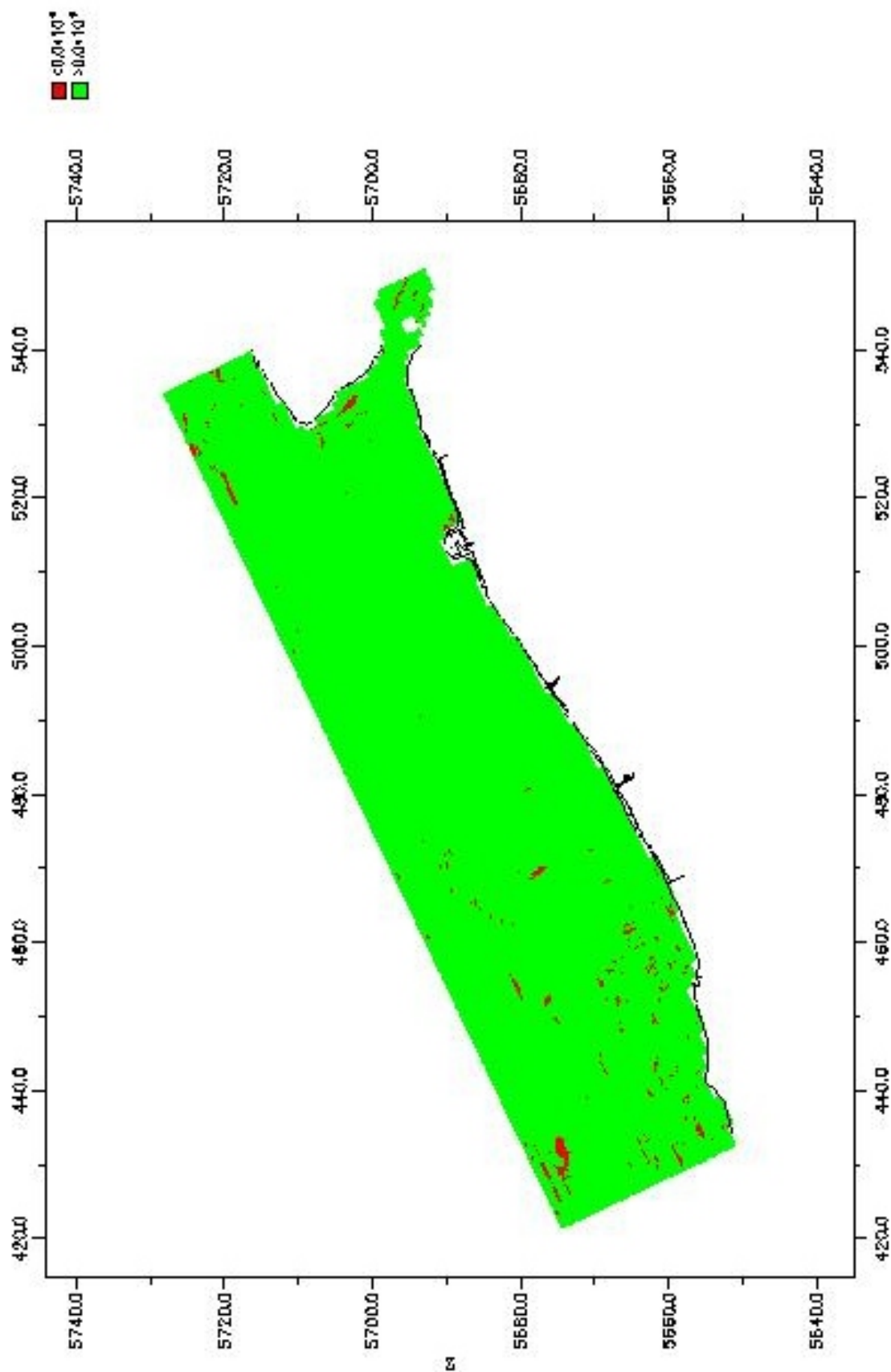


**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 5





Het verschil in Scatterindices tussen [R1000vsR250] en [R500vsR250]

Groen : verschil is positief  
Rood: verschil is negatief



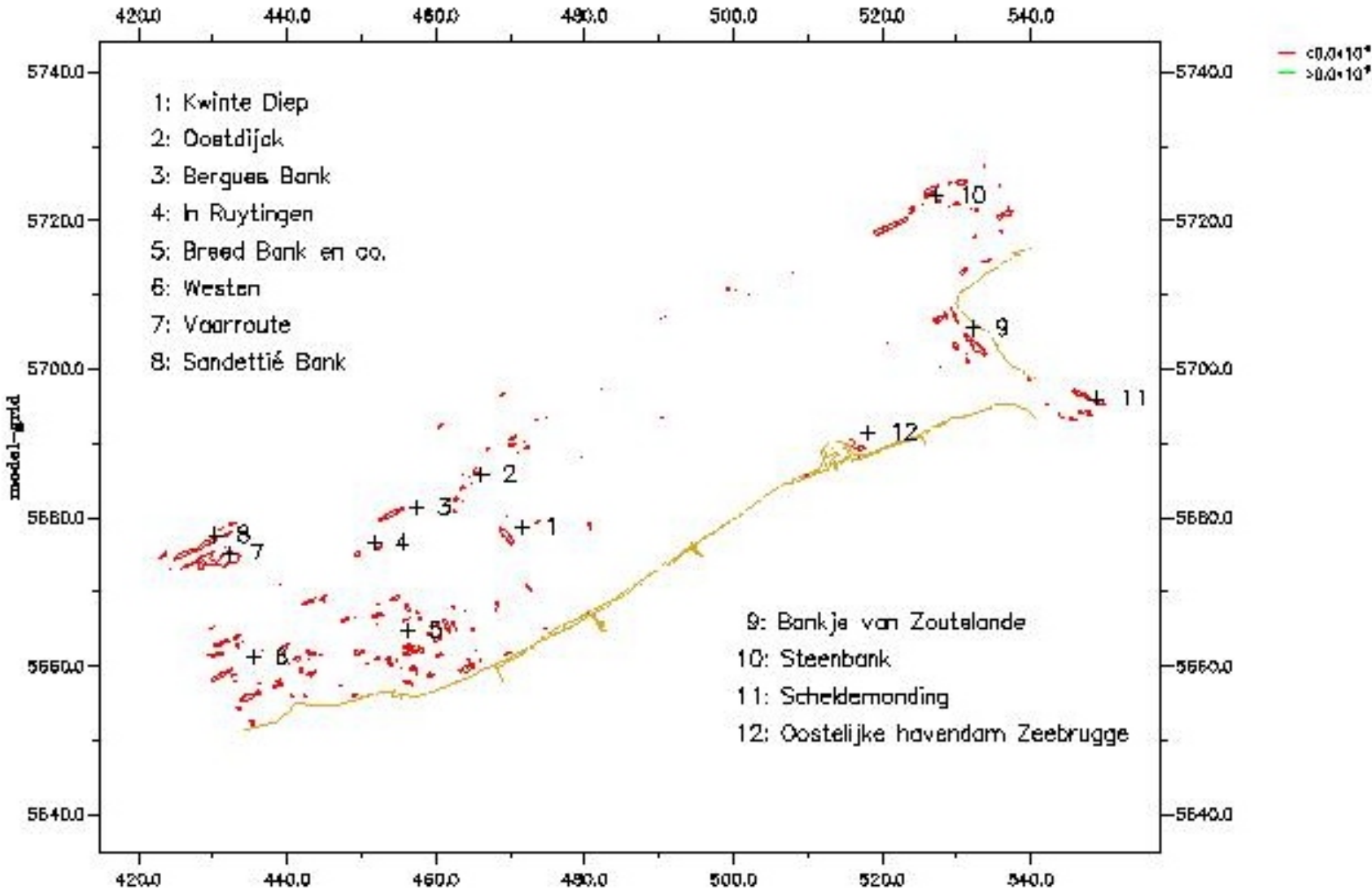
**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

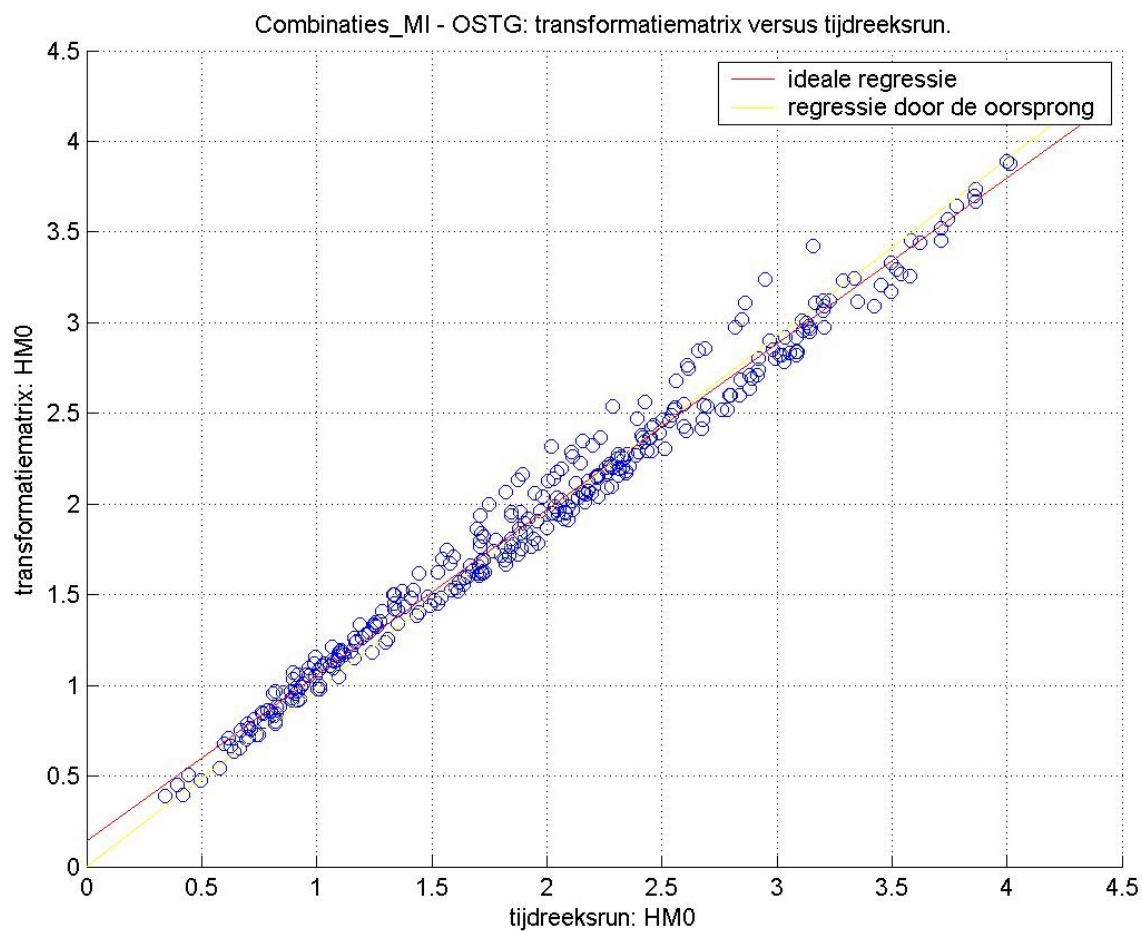
**M 644**

Figuur 6



Identificatie van zones waar de resultaten niet convergeren bij een overgang van een 1000m-, naar een 500m- en tenslotte naar een 250m roosterresolutie





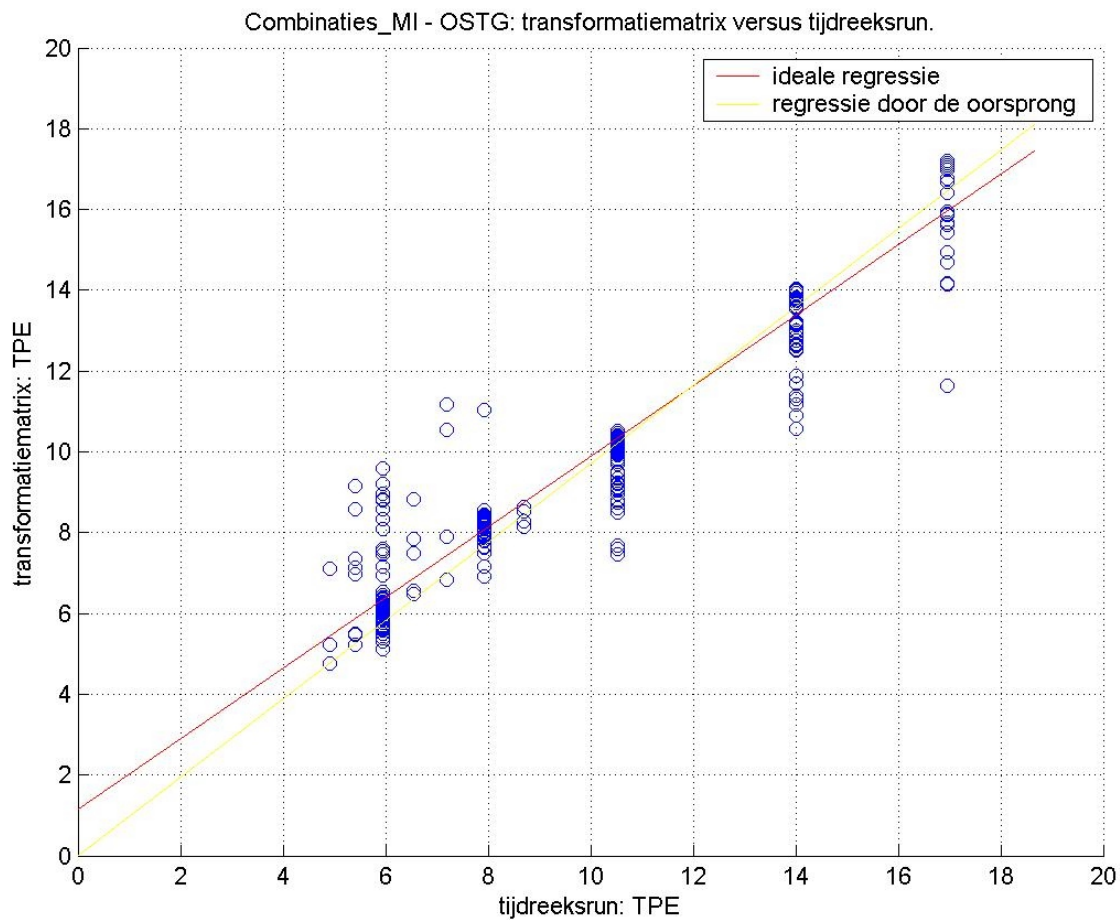
Beoordeling multilineaire interpolatie  
Scatterplot:  
Transformatiematrix versus SWAN berekeningen: Hm0



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 8



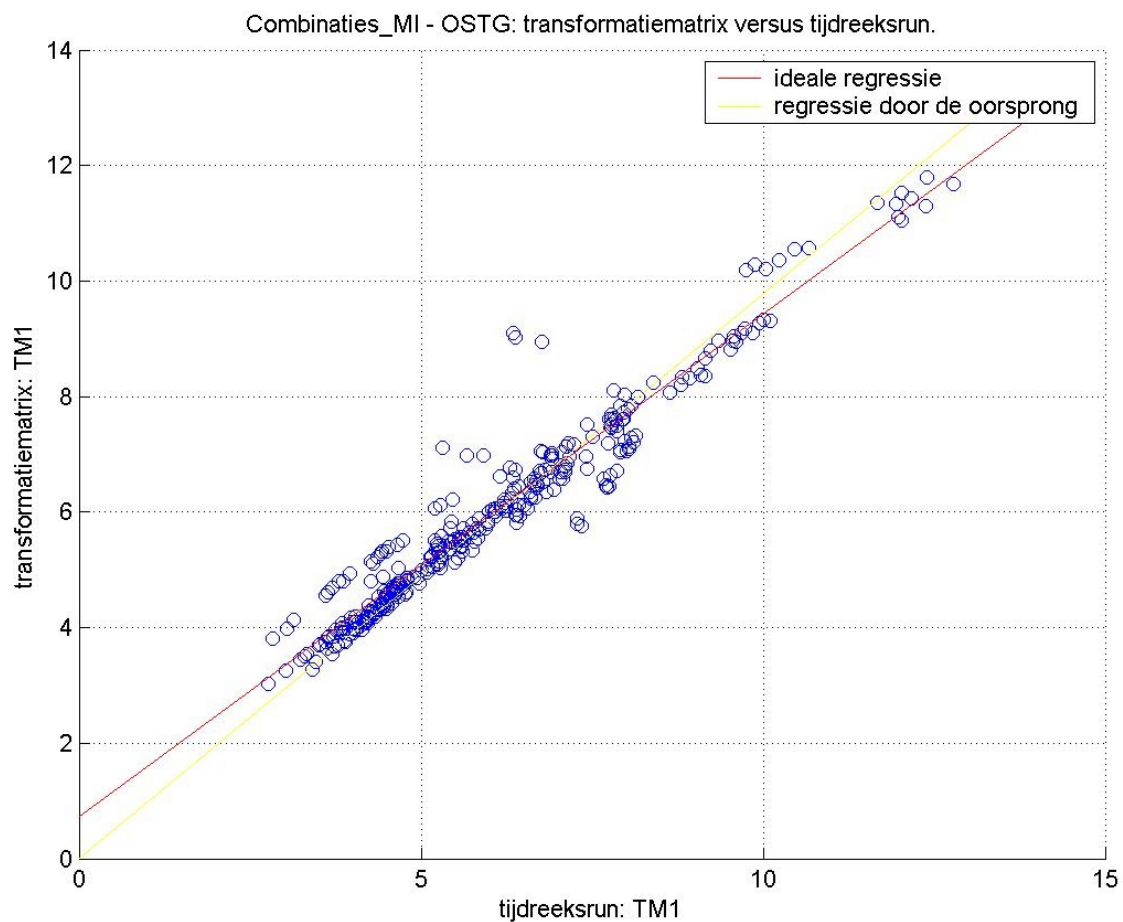
Beoordeling multilineaire interpolatie  
Scatterplot:  
Transformatiematrix versus SWAN berekeningen: TPE



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 9



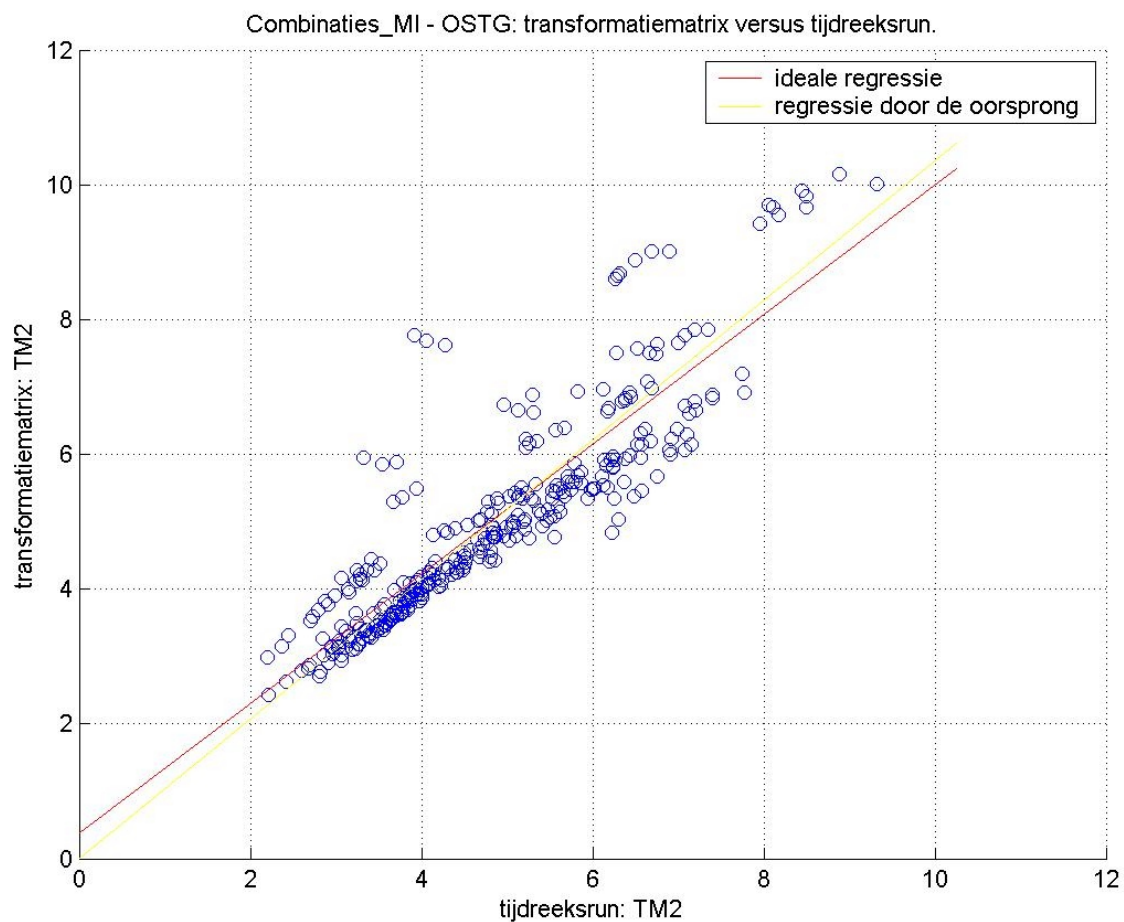
Beoordeling multilineaire interpolatie  
Scatterplot:  
Transformatiematrix versus SWAN berekeningen: Tm01



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 10



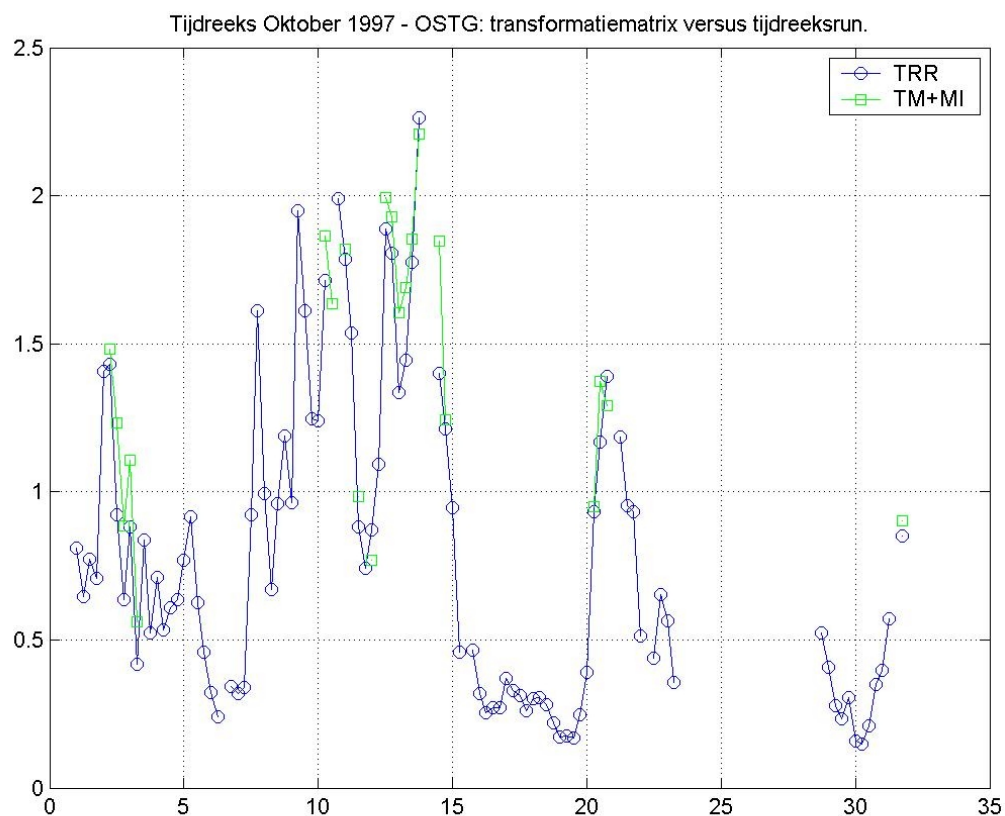
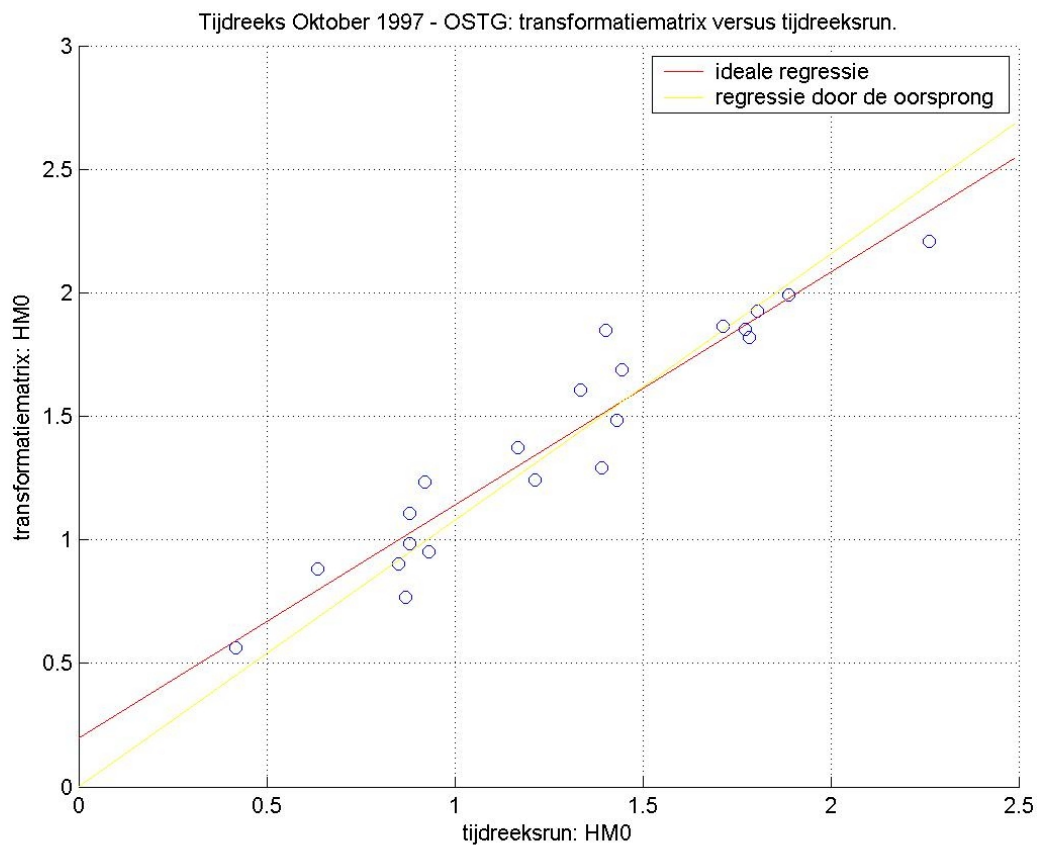
Beoordeling multilineaire interpolatie  
Scatterplot:  
Transformatiematrix versus SWAN berekeningen: Tm02



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 11



Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdreeks  
Scatterplot en tijdsverloop voor Hm0,  
Met karakteriserende richting: RHF

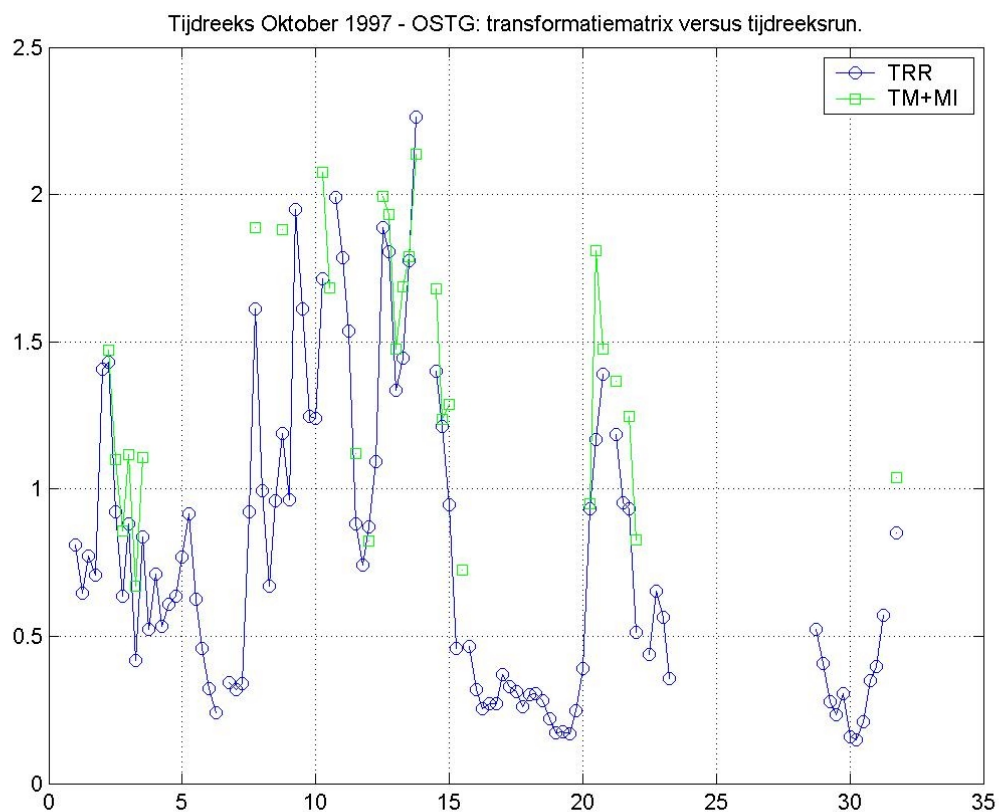
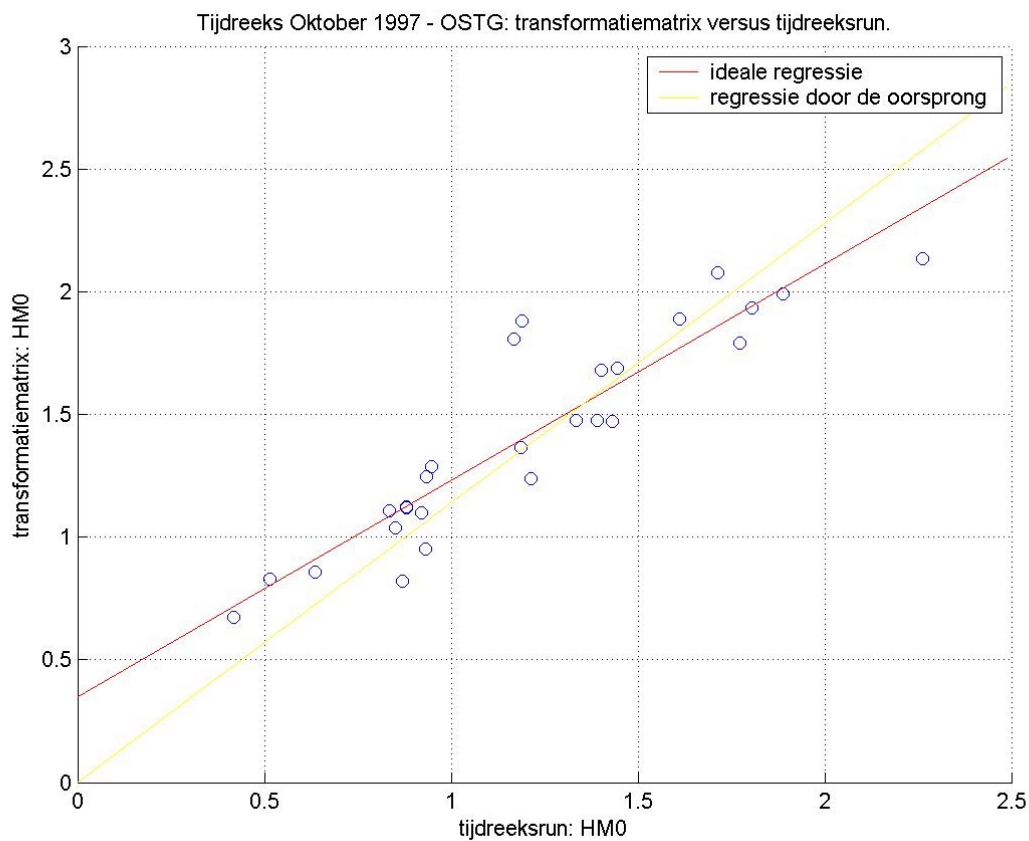


**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 12





Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdreeks  
Scatterplot en tijdsverloop voor Hm0,  
Met karakteriserende richting: RLF

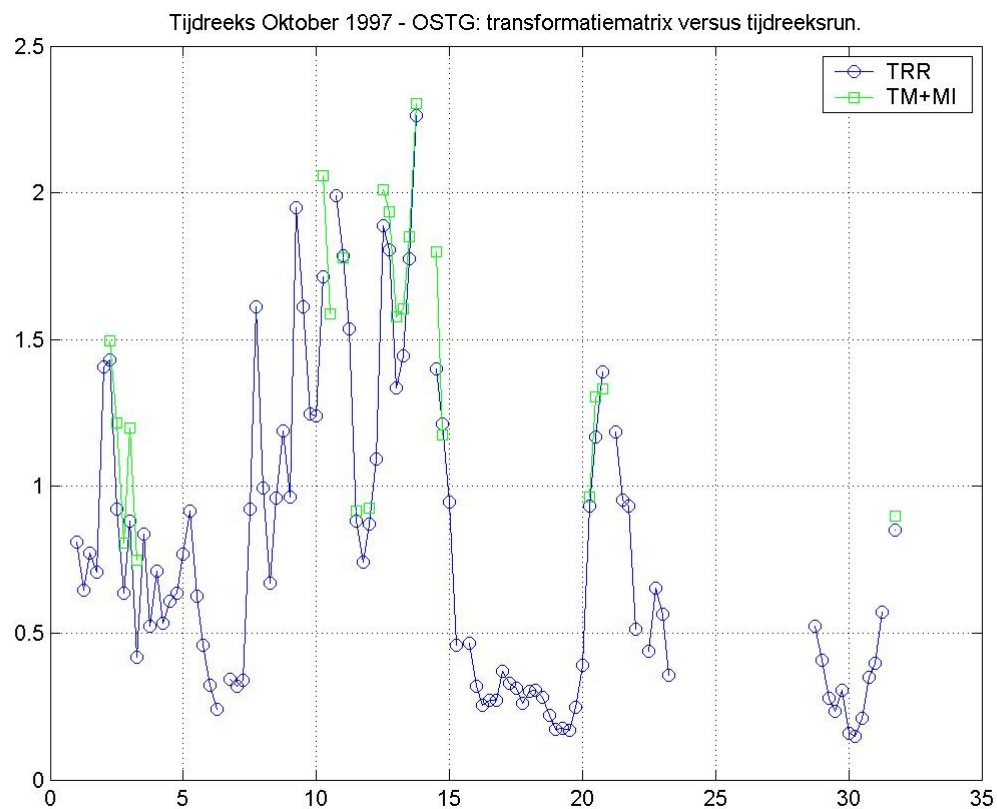
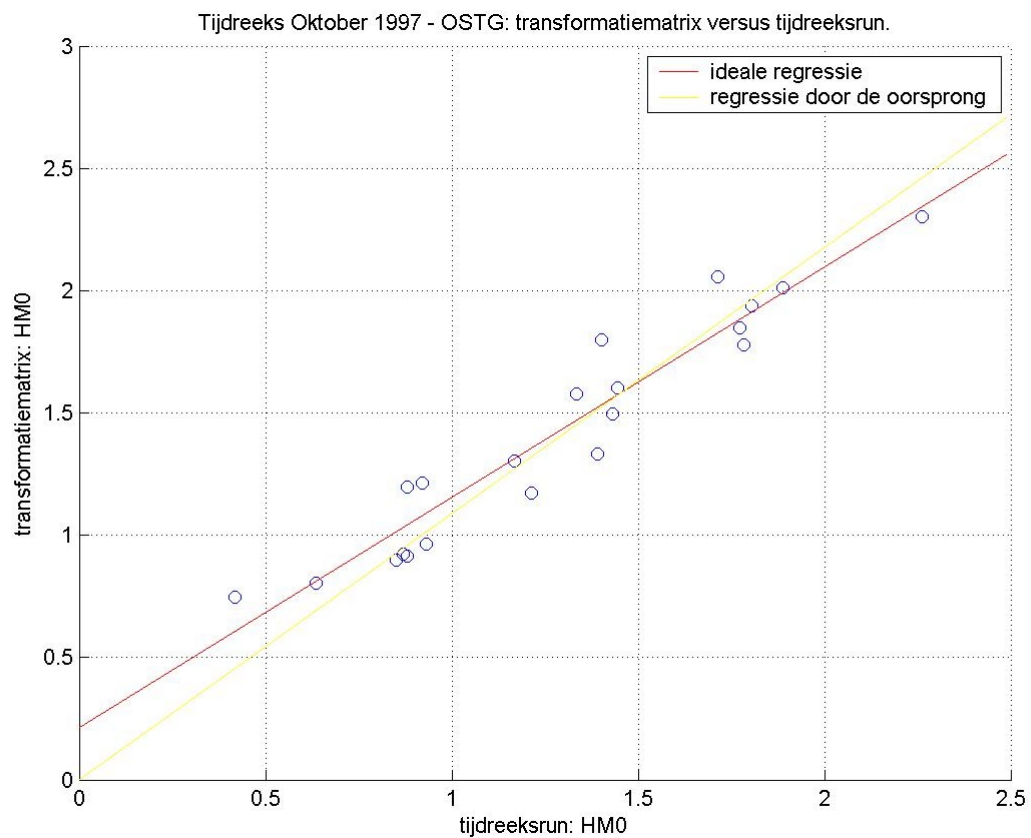


**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 13





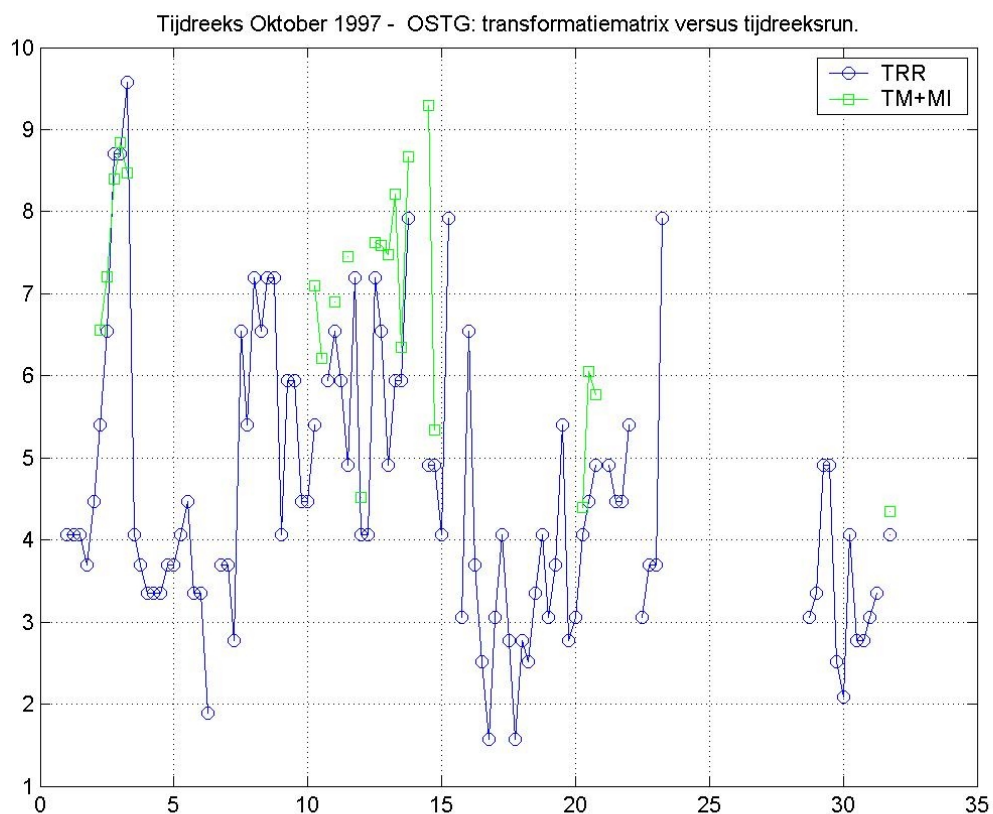
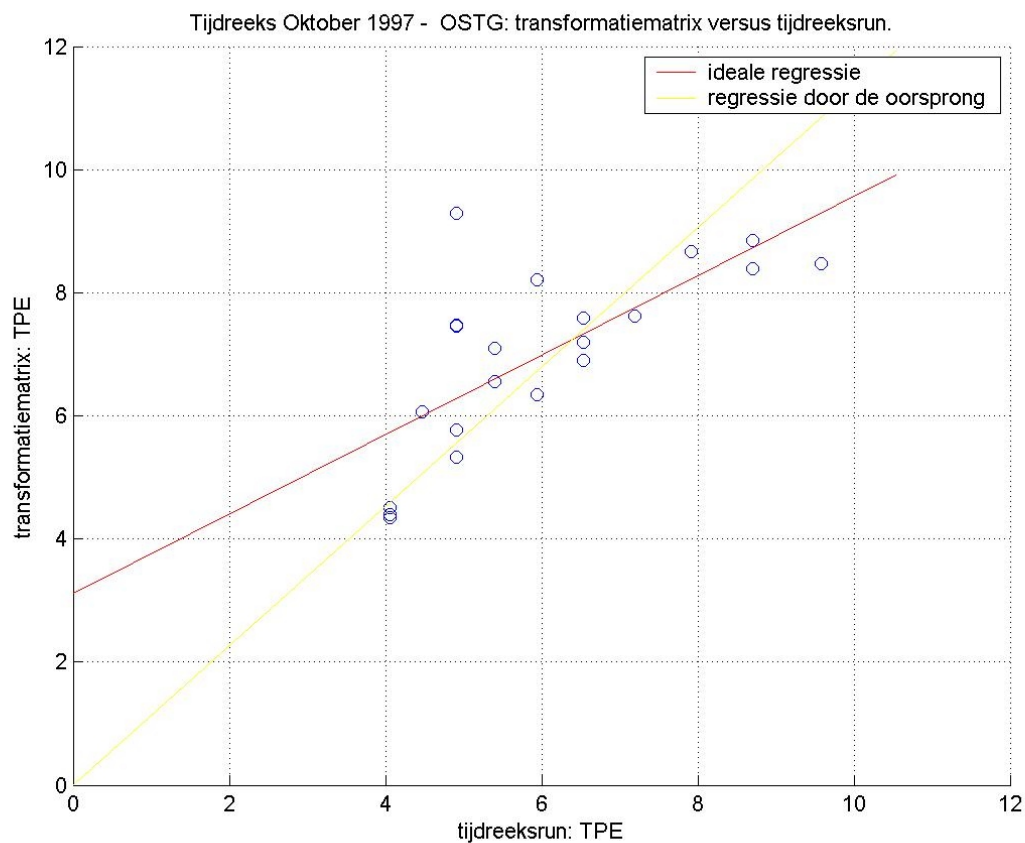
Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdreeks  
Scatterplot en tijdsverloop voor Hm0,  
Met karakteriserende richting: WRS



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 14



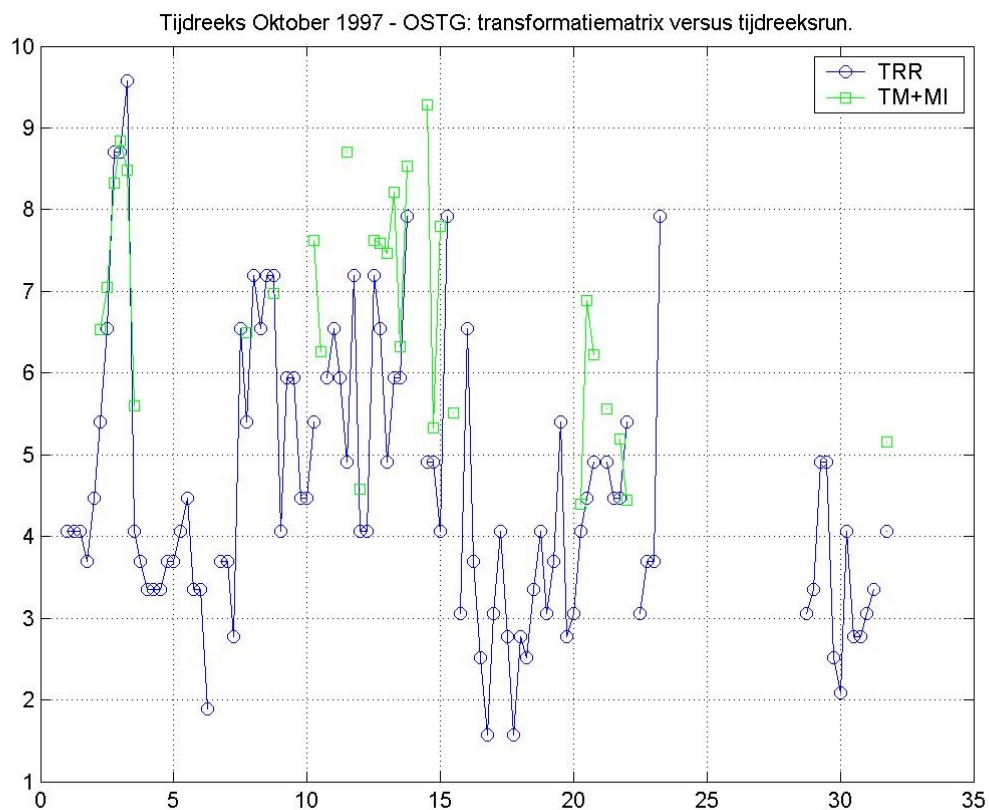
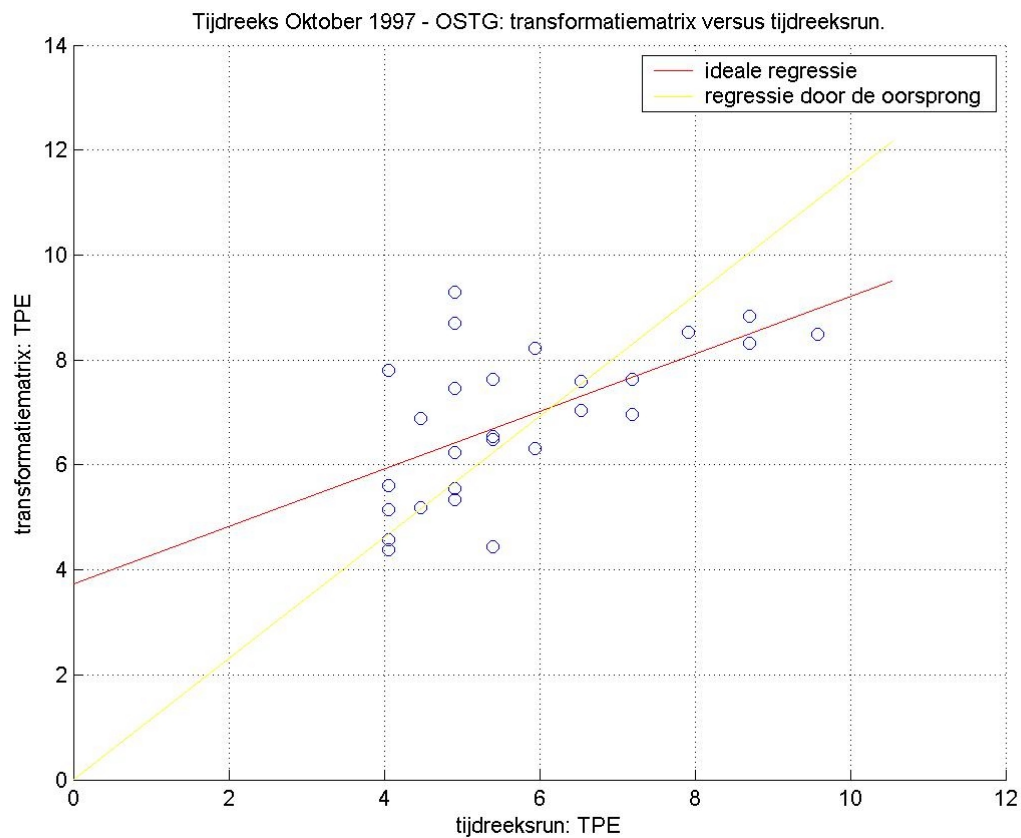
Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdreeks  
Scatterplot en tijdsverloop voor TPE,  
Met karakteriserende richting: RHF



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

**Figuur 15**



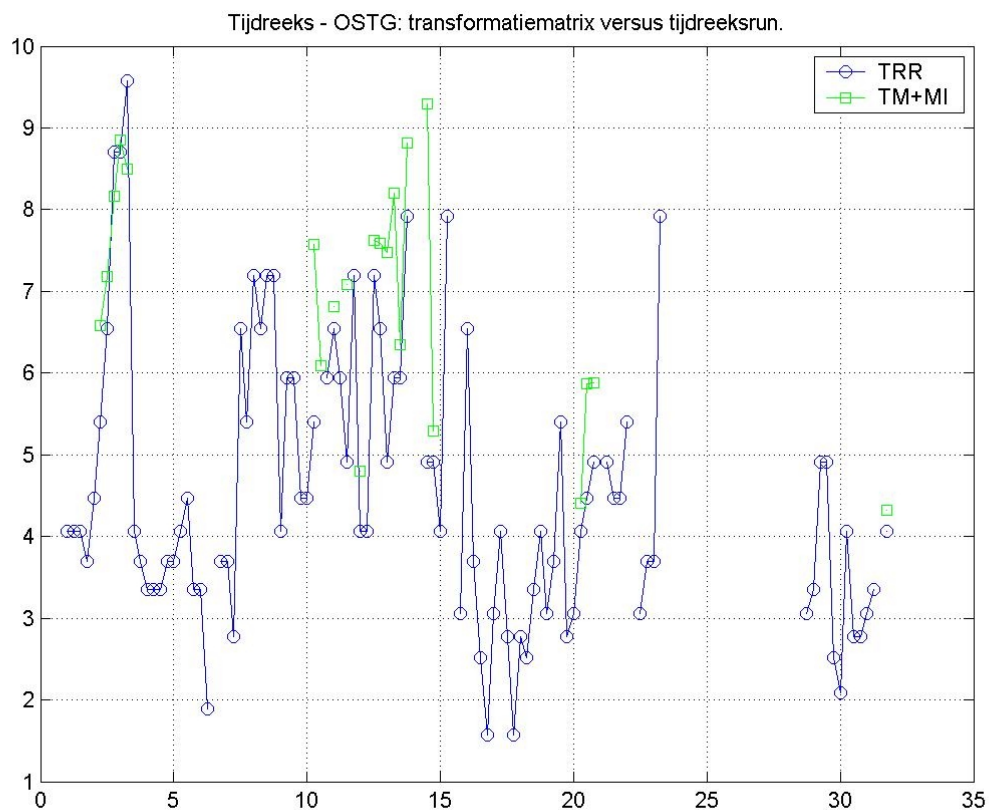
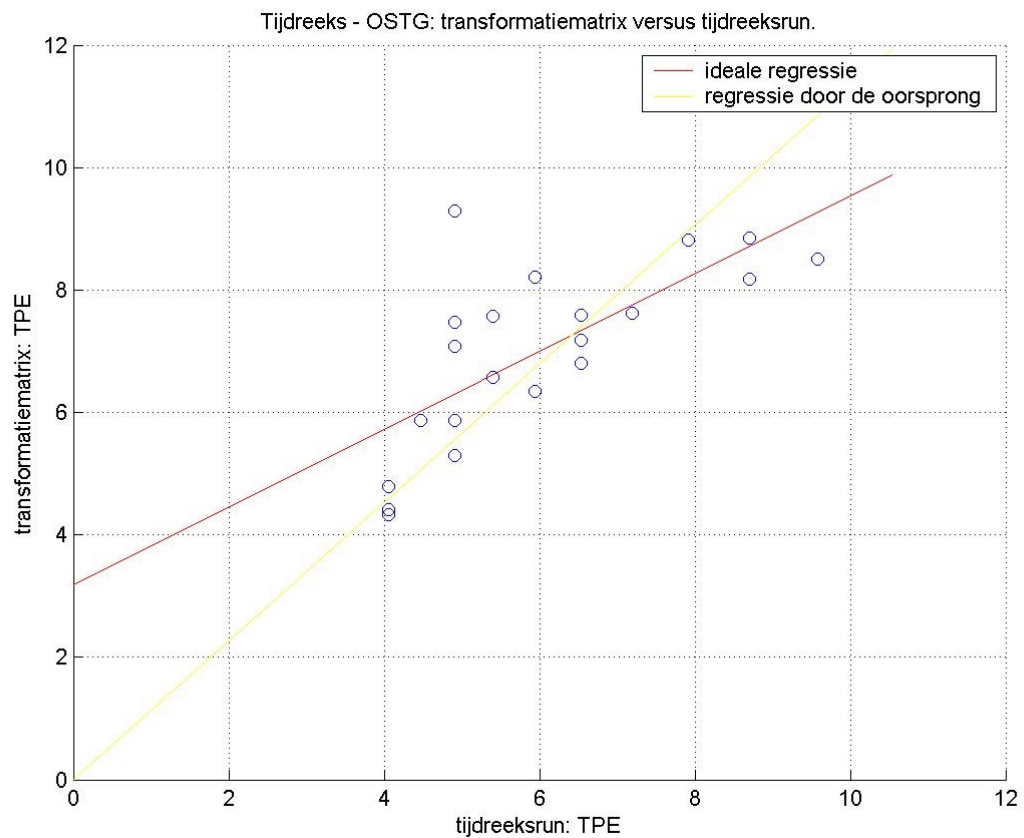
Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdreeks  
Scatterplot en tijdsverloop voor TPE,  
Met karakteriserende richting: RLF



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

**Figuur 16**



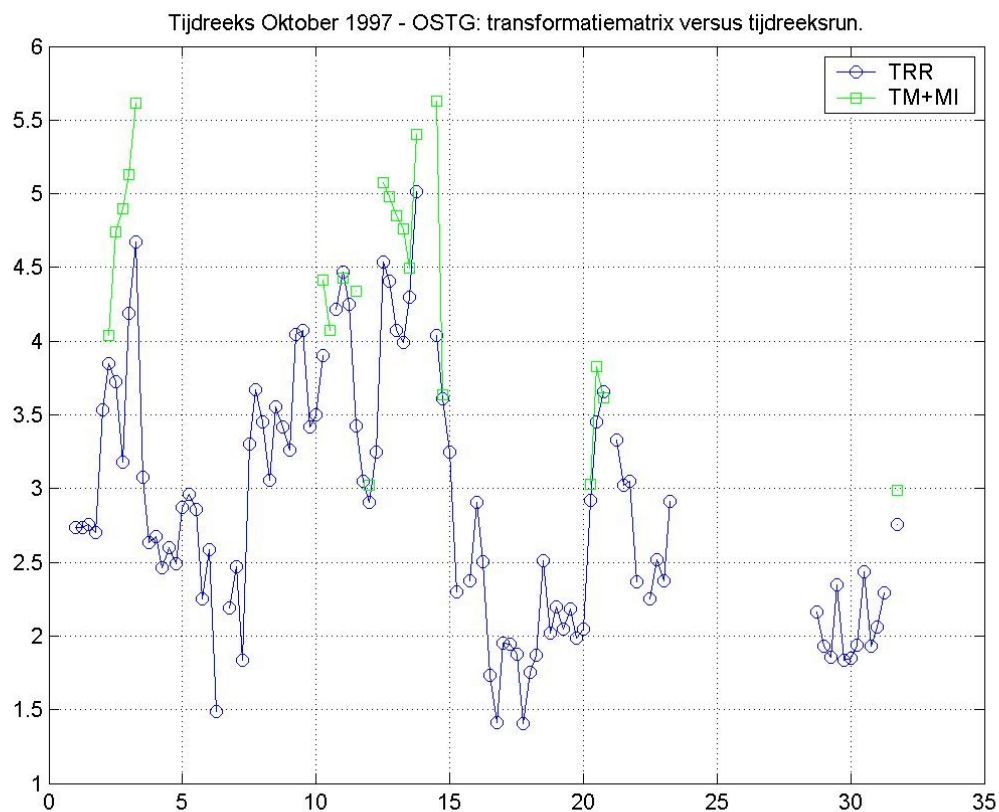
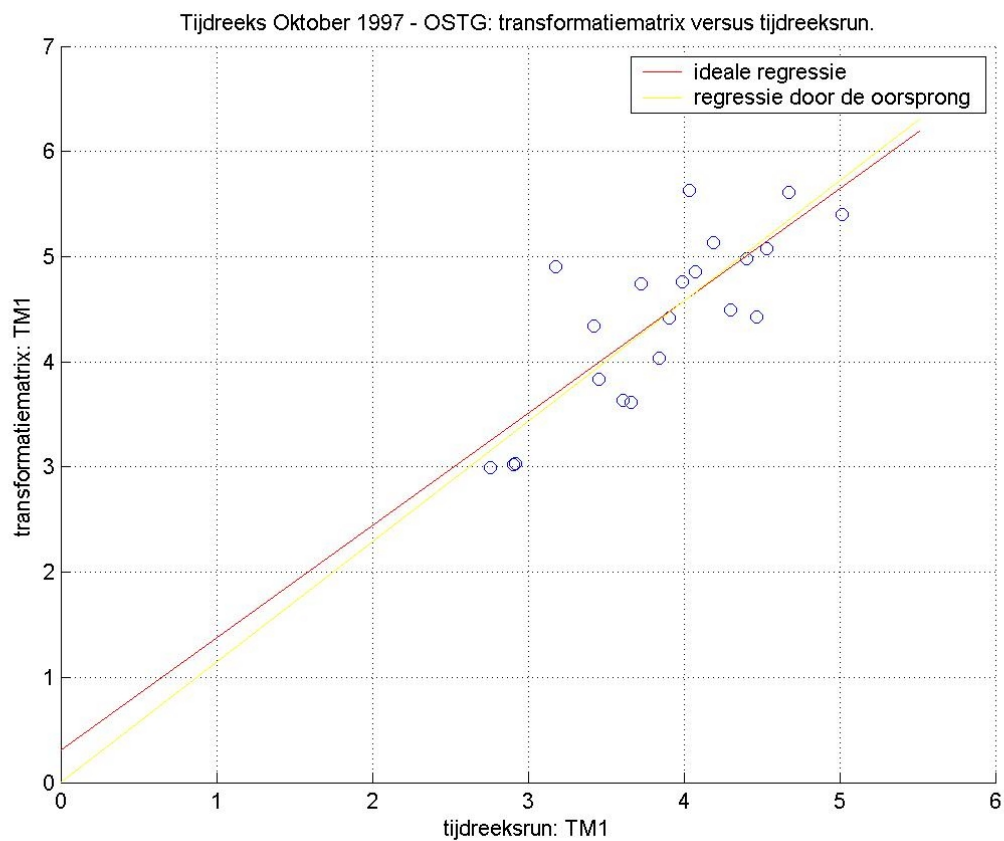
Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdreeks  
Scatterplot en tijdsverloop voor TPE,  
Met karakteriserende richting: WRS



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 17



Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdreeks  
Scatterplot en tijdsverloop voor Tm01,  
Met karakteriserende richting: RHF

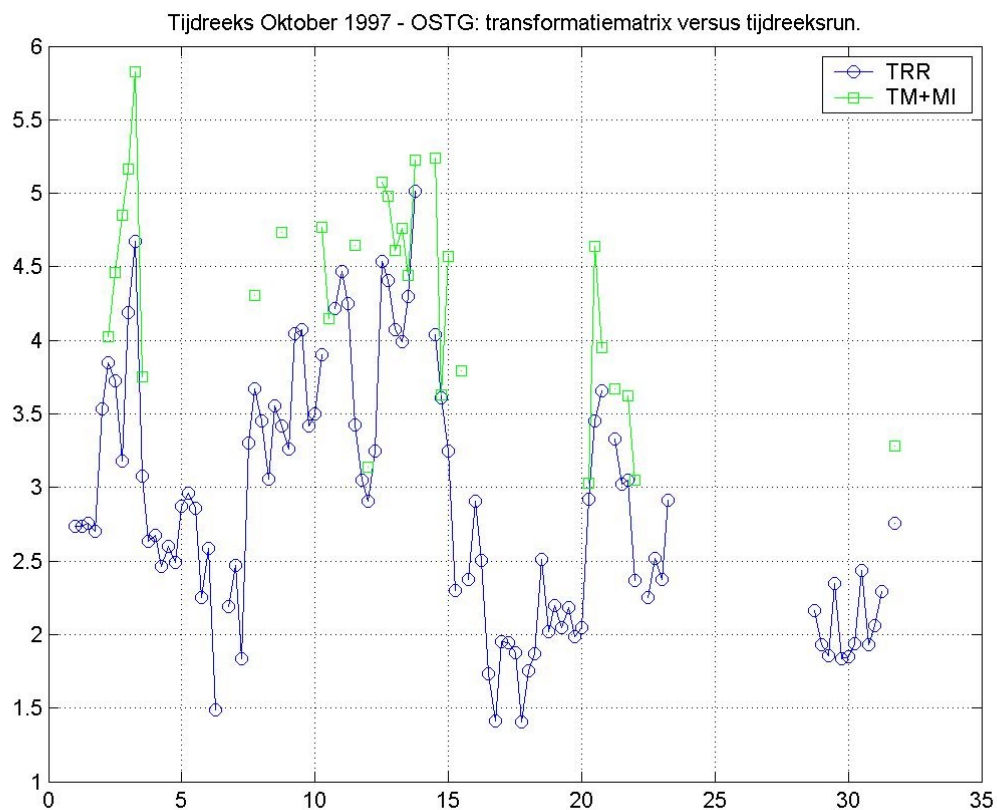
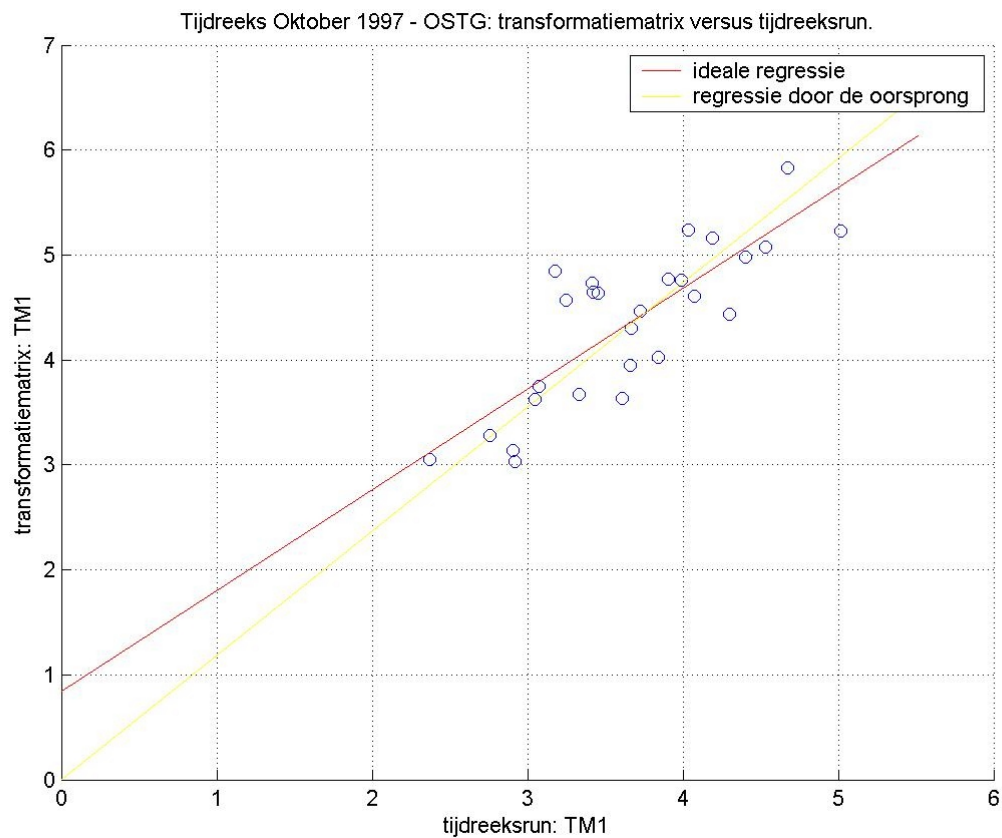


**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

**Figuur 18**





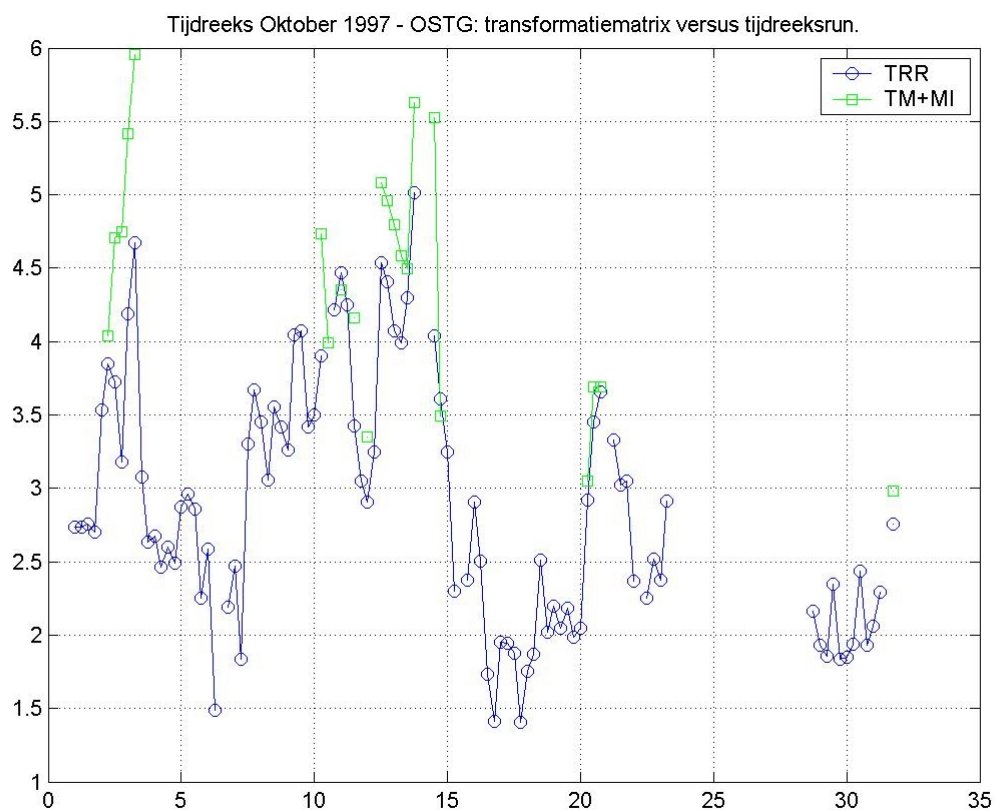
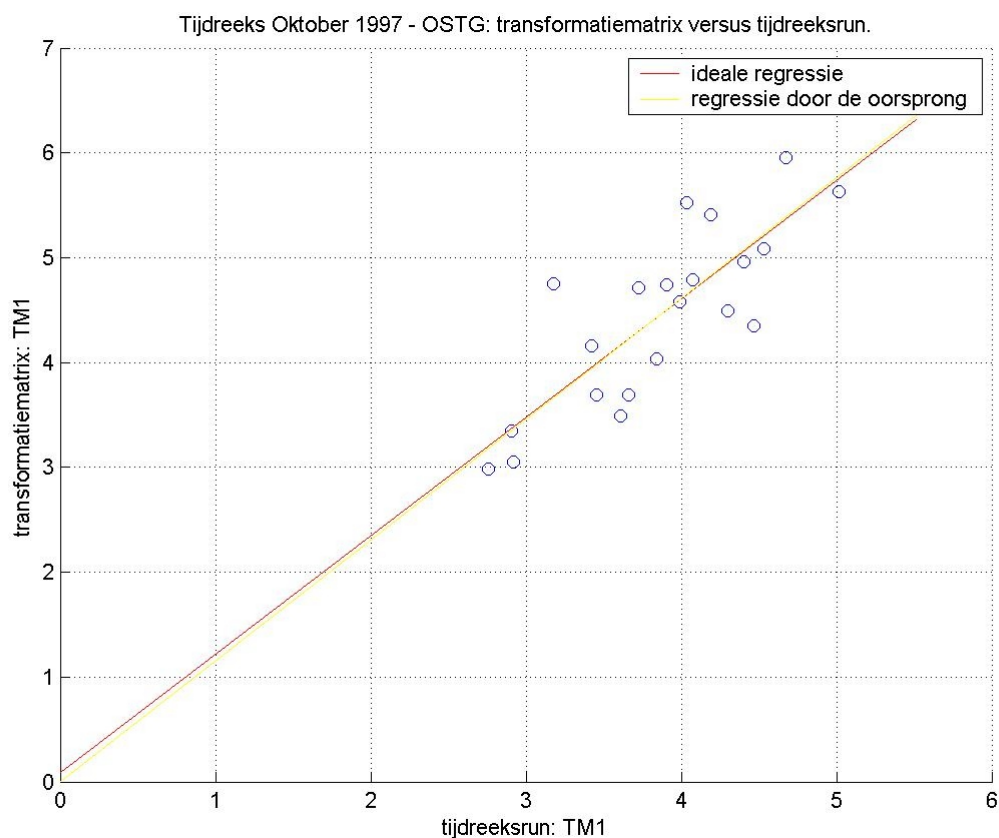
Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdreeks  
Scatterplot en tijdsverloop voor Tm01,  
Met karakteriserende richting: RLF



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 19



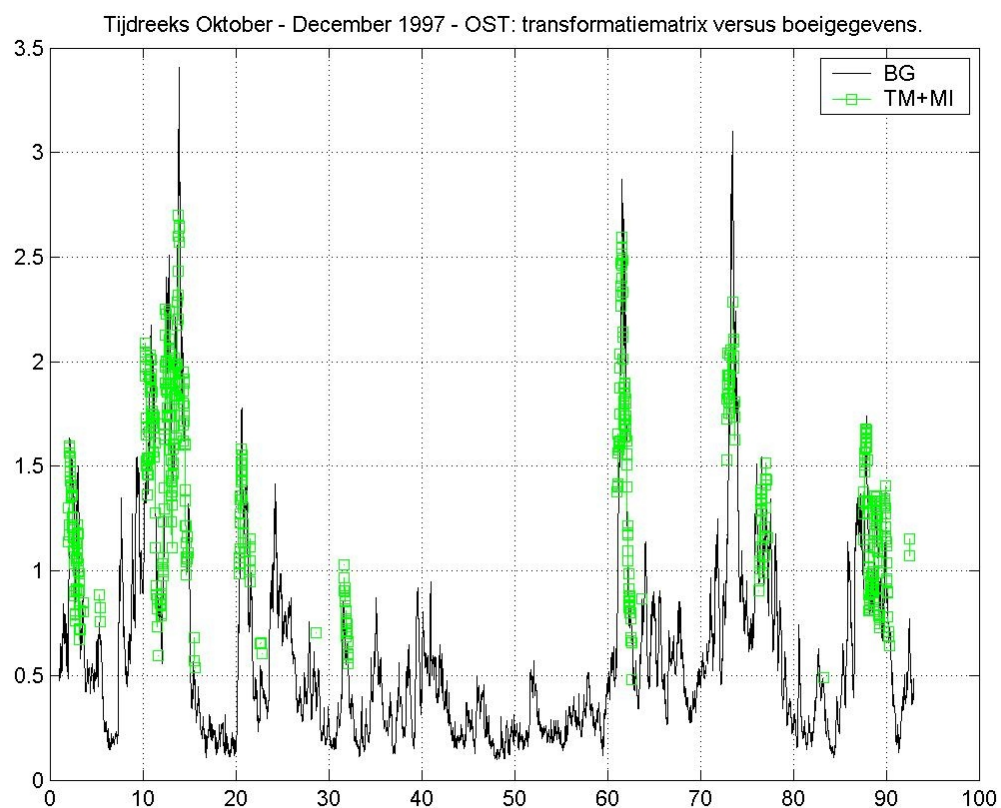
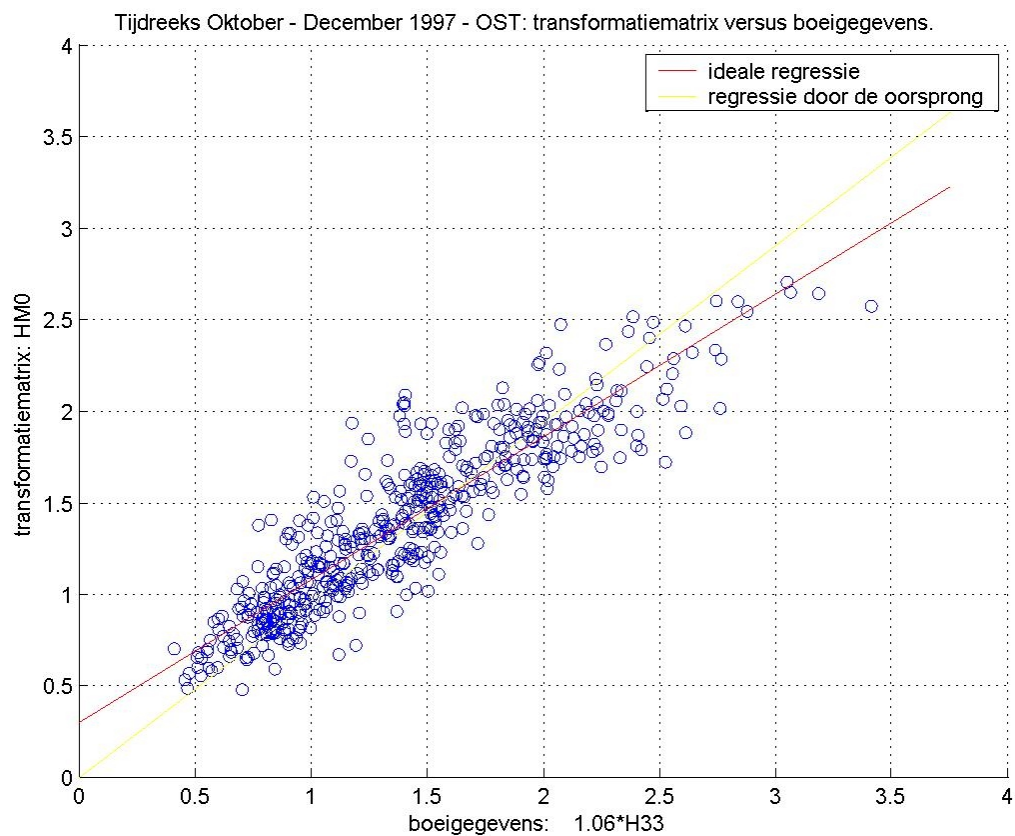
Beoordeling Transformatiematrix versus Tijdreeks  
Scatterplot en tijdsverloop voor Tm01,  
Met karakteriserende richting: WRS



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 20



Beoordeling Transformatiematrix versus Metingen  
Scatterplot en tijdsverloop voor  $H_{m0}$ ,  
Met karakteriserende richting: WRS  
En golfcondities op Westhinder

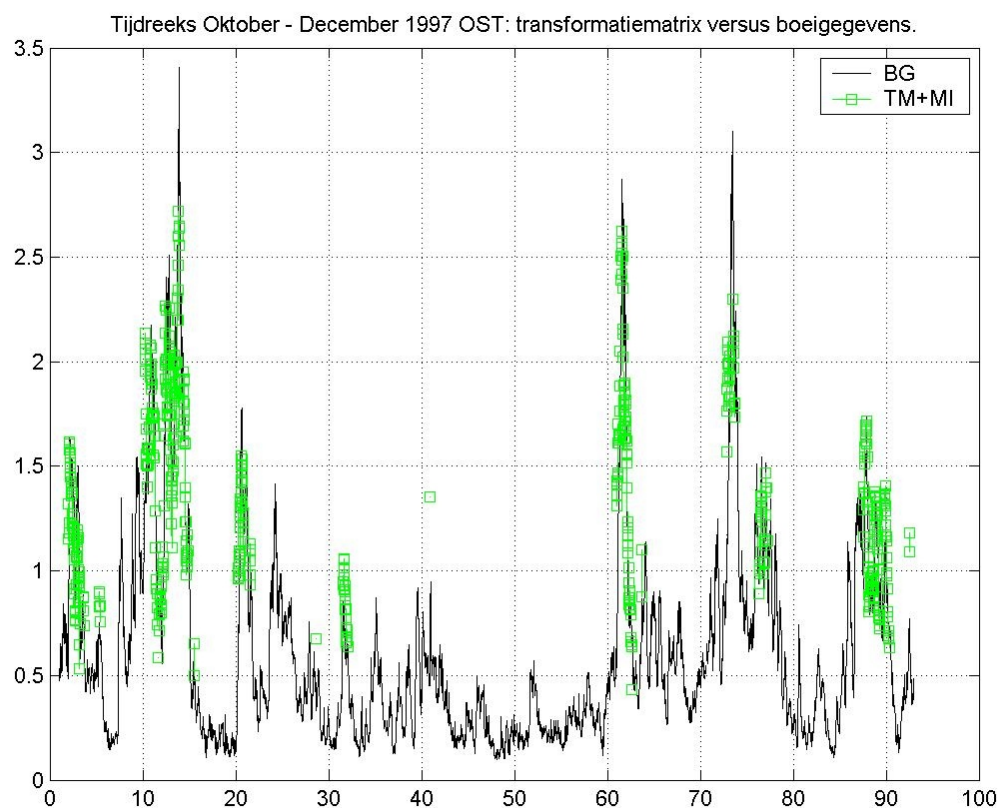
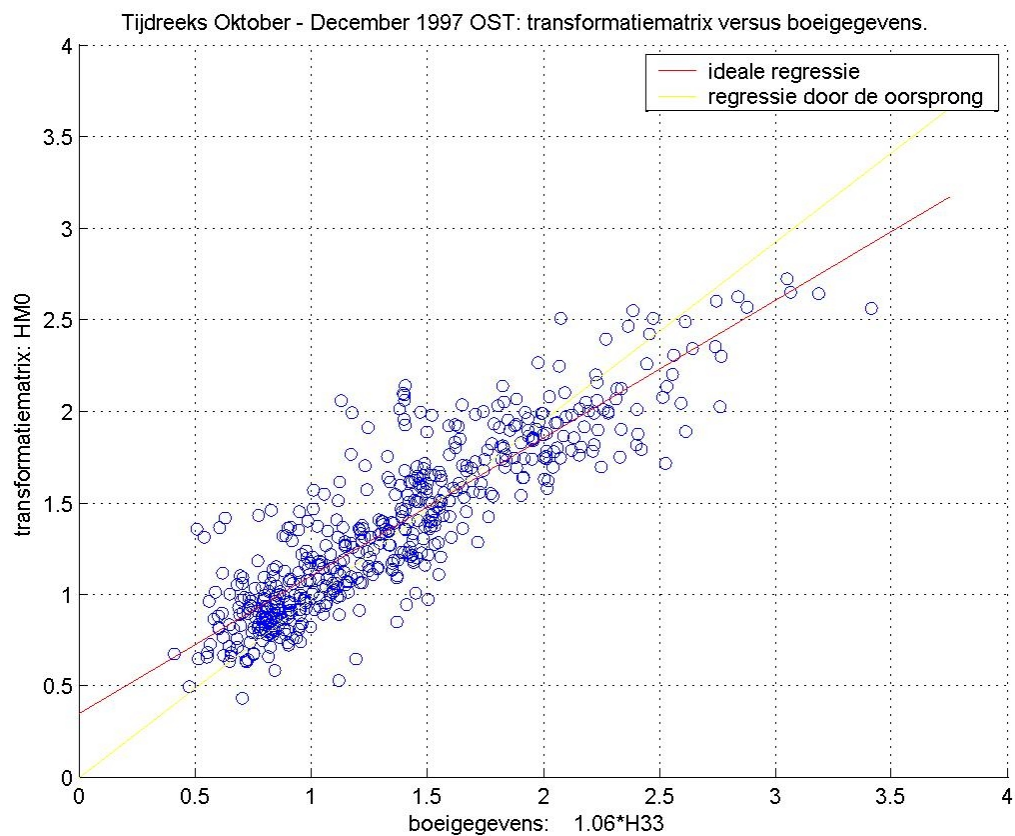


**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 21





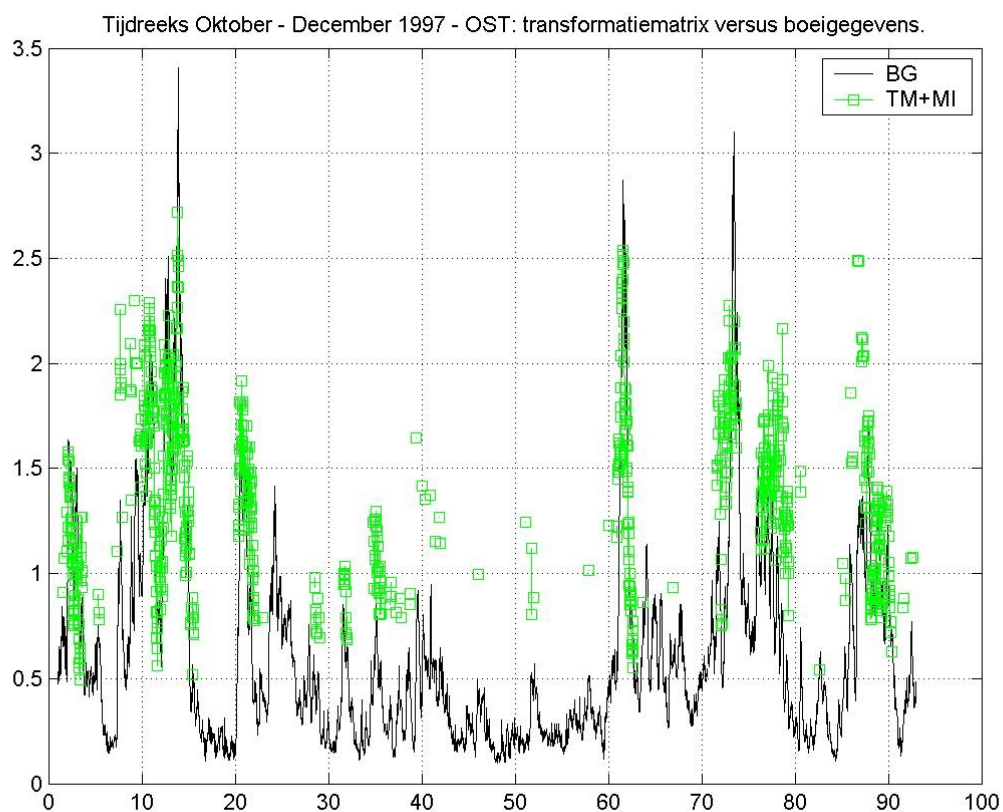
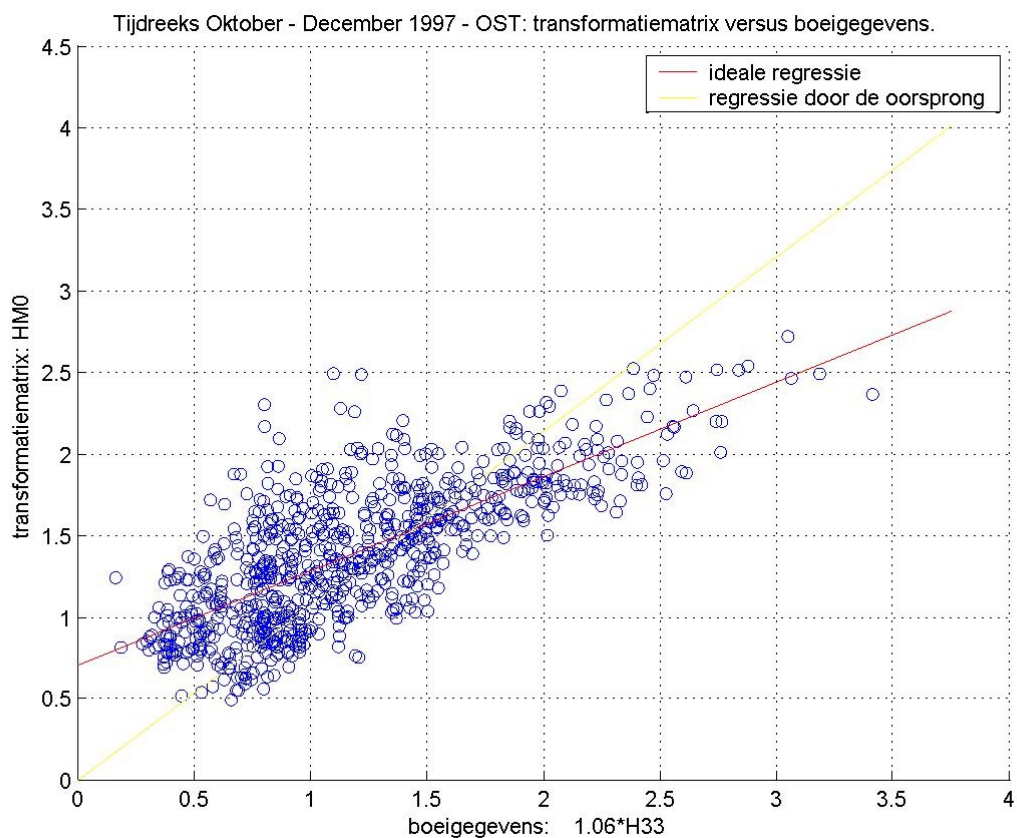
Beoordeling Transformatiematrix versus Metingen  
Scatterplot en tijdsverloop voor Hm0,  
Met karakteriserende richting: WRS  
En golfcondities op de randen



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 22



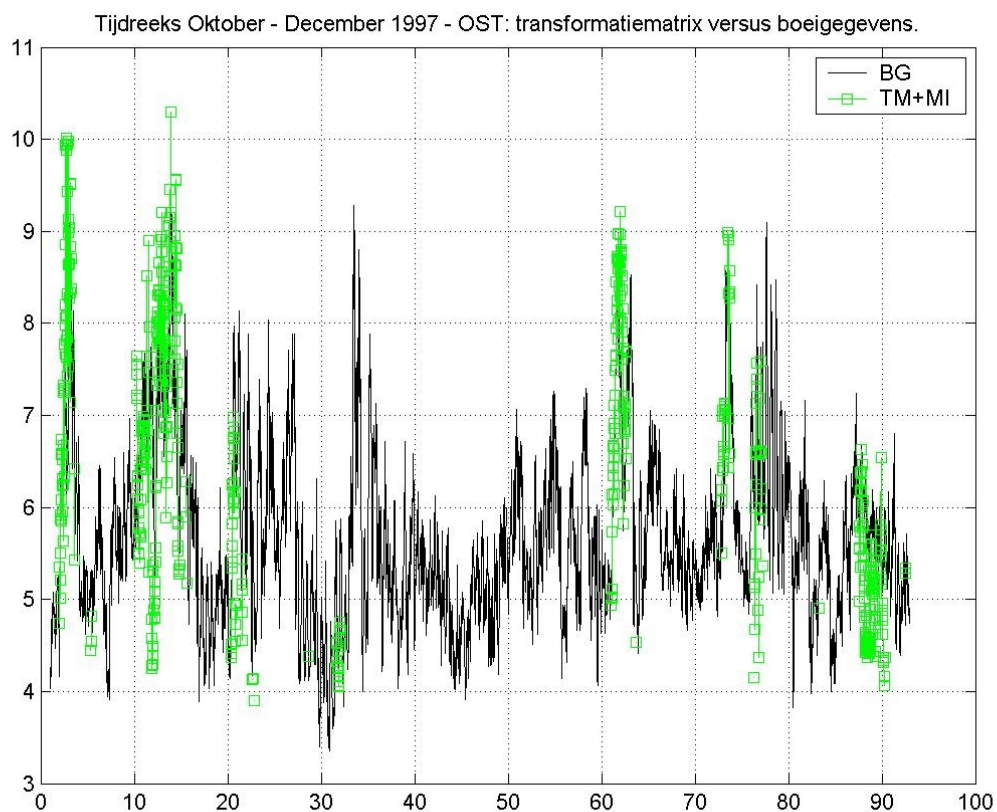
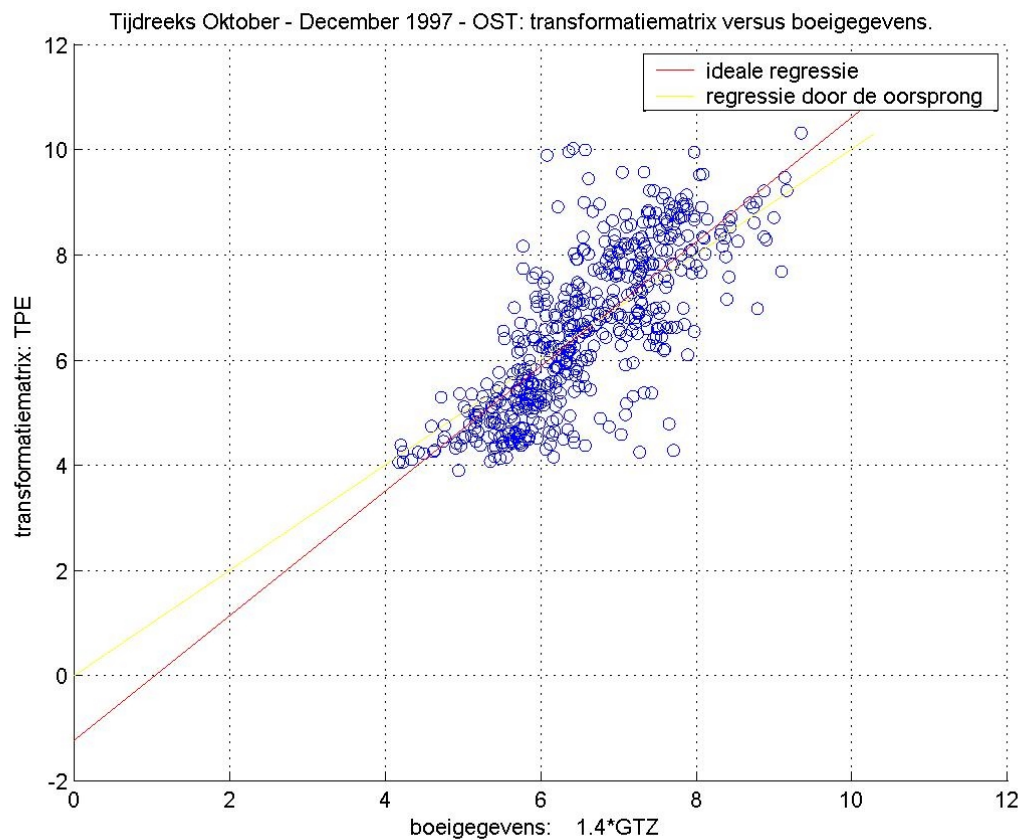
Beoordeling Transformatiematrix versus Metingen  
Scatterplot en tijdsverloop voor  $H_{m0}$ ,  
Met karakteriserende richting: RLF  
En golfcondities op Westhinder



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 23



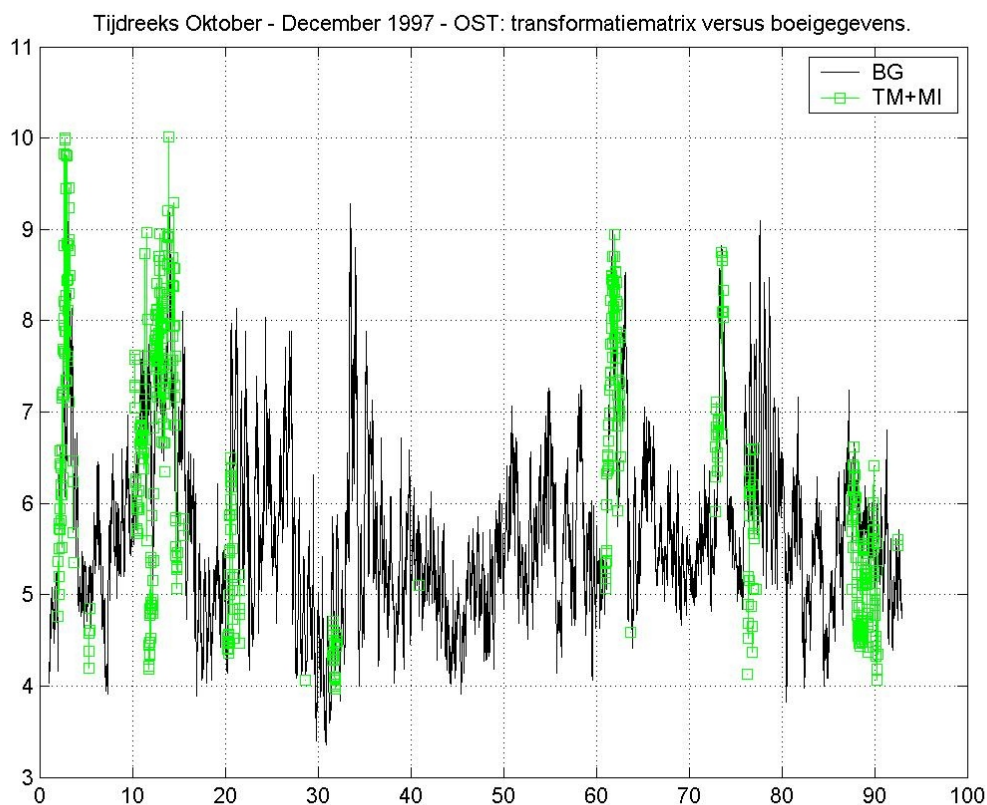
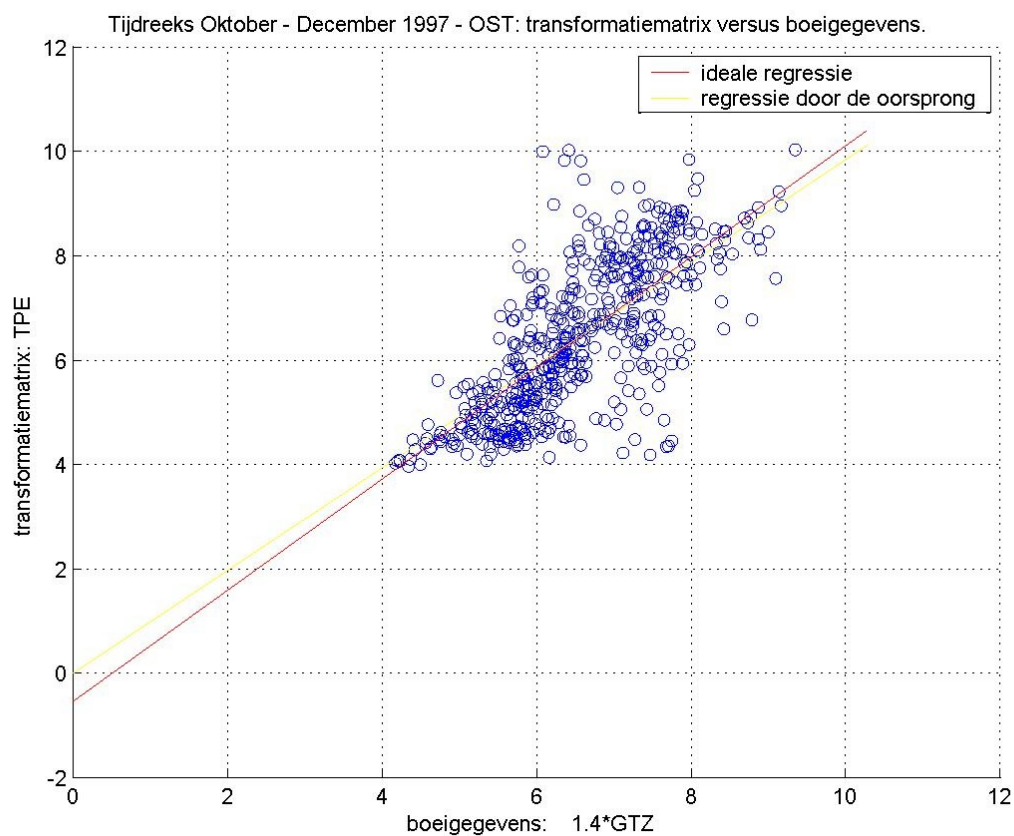
Beoordeling Transformatiematrix versus Metingen  
Scatterplot en tijdsverloop voor TPE,  
Met karakteriserende richting: WRS  
En golfcondities op Westhinder



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

**Figuur 24**



Beoordeling Transformatiematrix versus Metingen  
Scatterplot en tijdsverloop voor TPE,  
Met karakteriserende richting: WRS  
En golfcondities op de randen

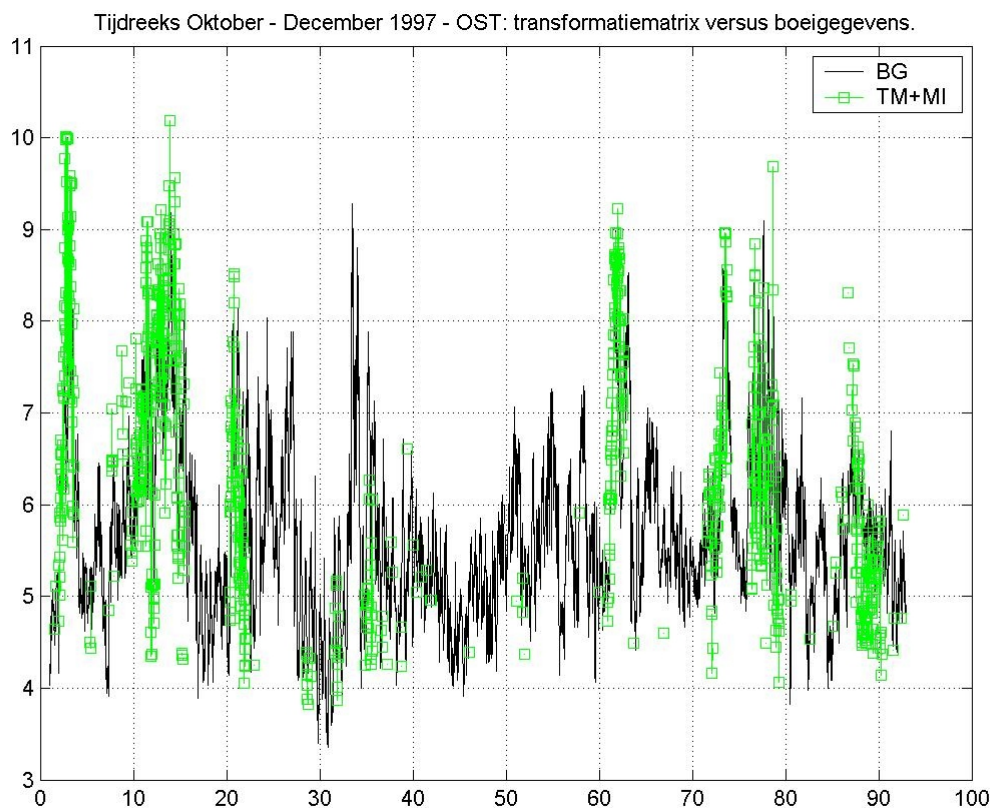
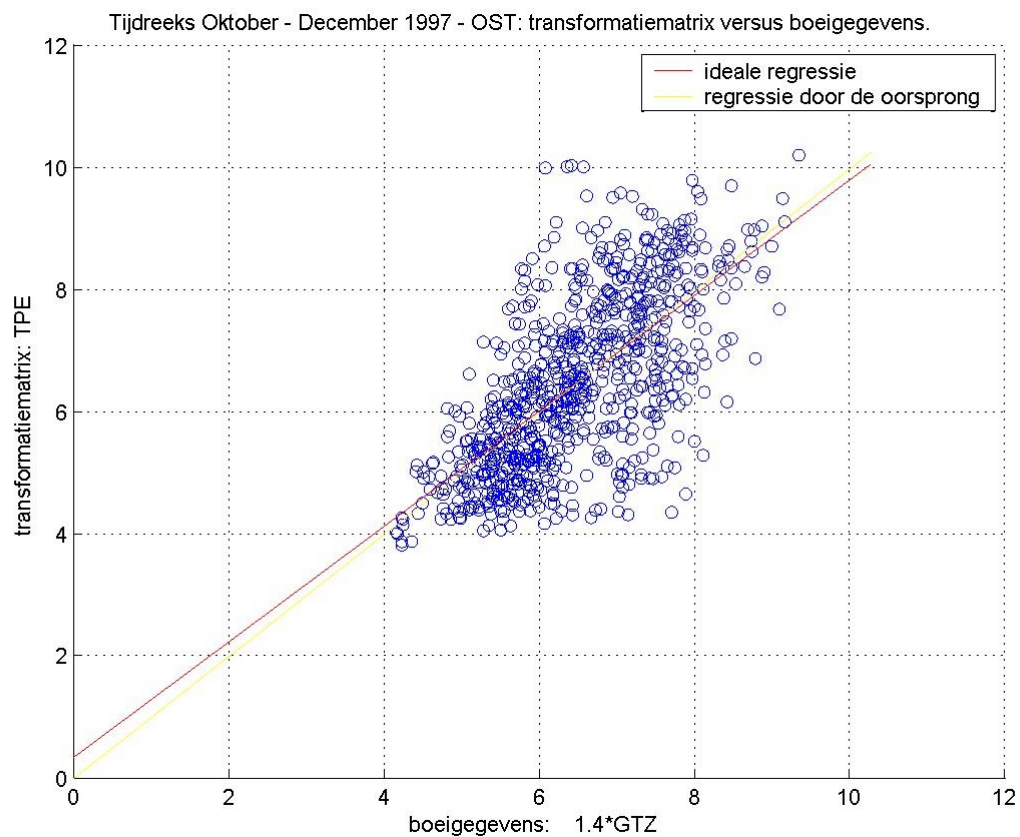


**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 25





Beoordeling Transformatiematrix versus Metingen  
Scatterplot en tijdsverloop voor TPE,  
Met karakteriserende richting: RLF  
En golfcondities op Westhinder

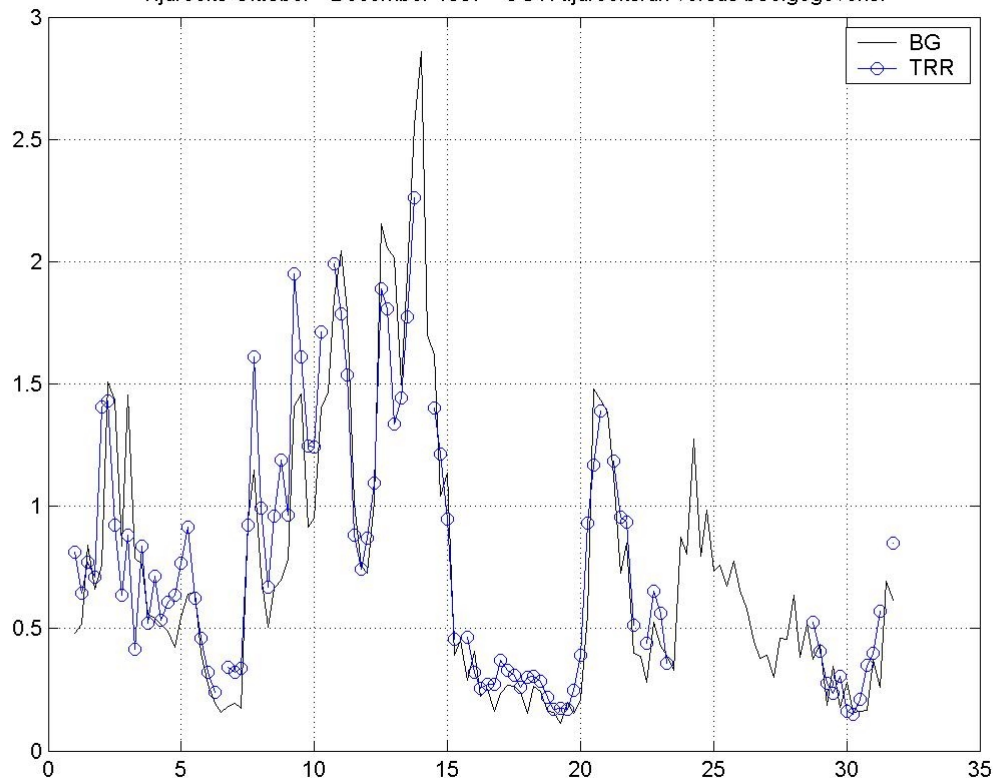


**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

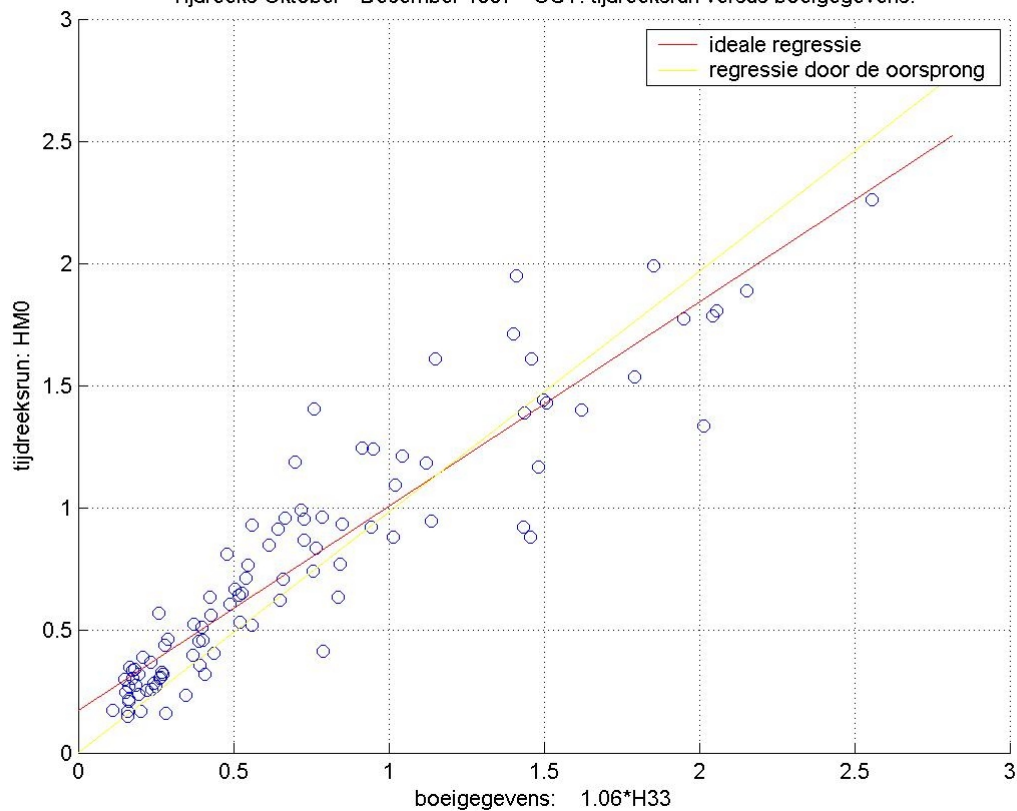
**M 644**

Figuur 26

Tijdreeks Oktober - December 1997 - OST: tijdreeksrun versus boeigegevens.



Tijdreeks Oktober - December 1997 - OST: tijdreeksrun versus boeigegevens.



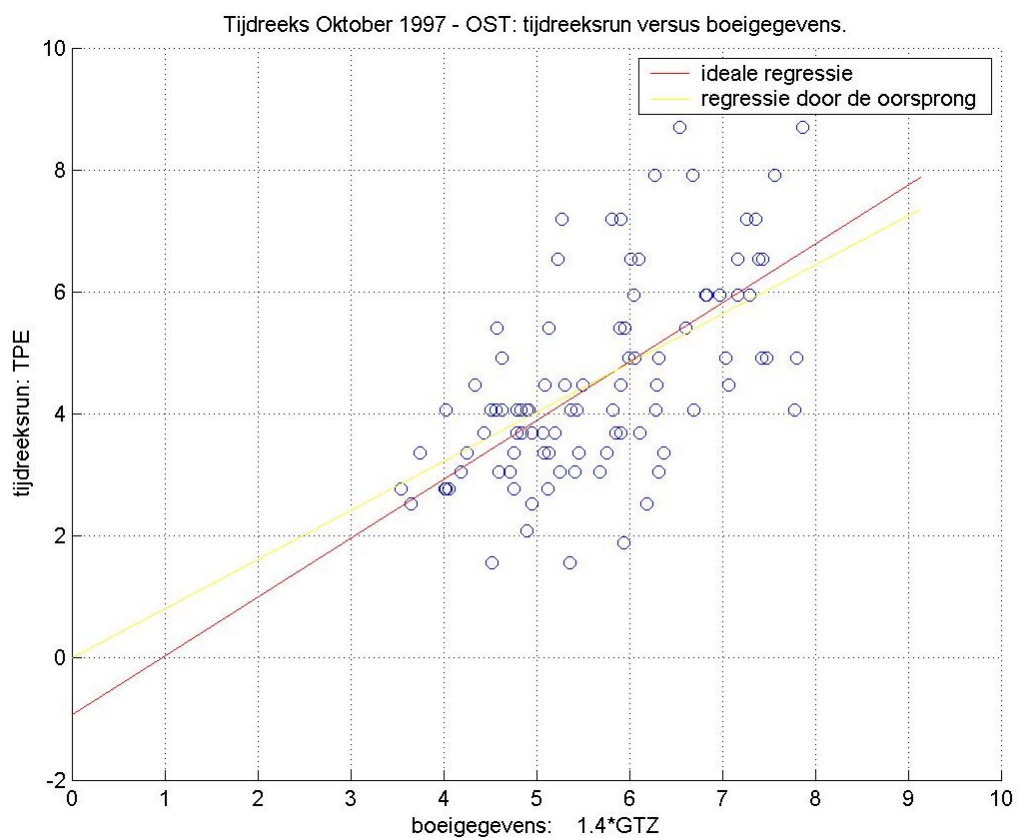
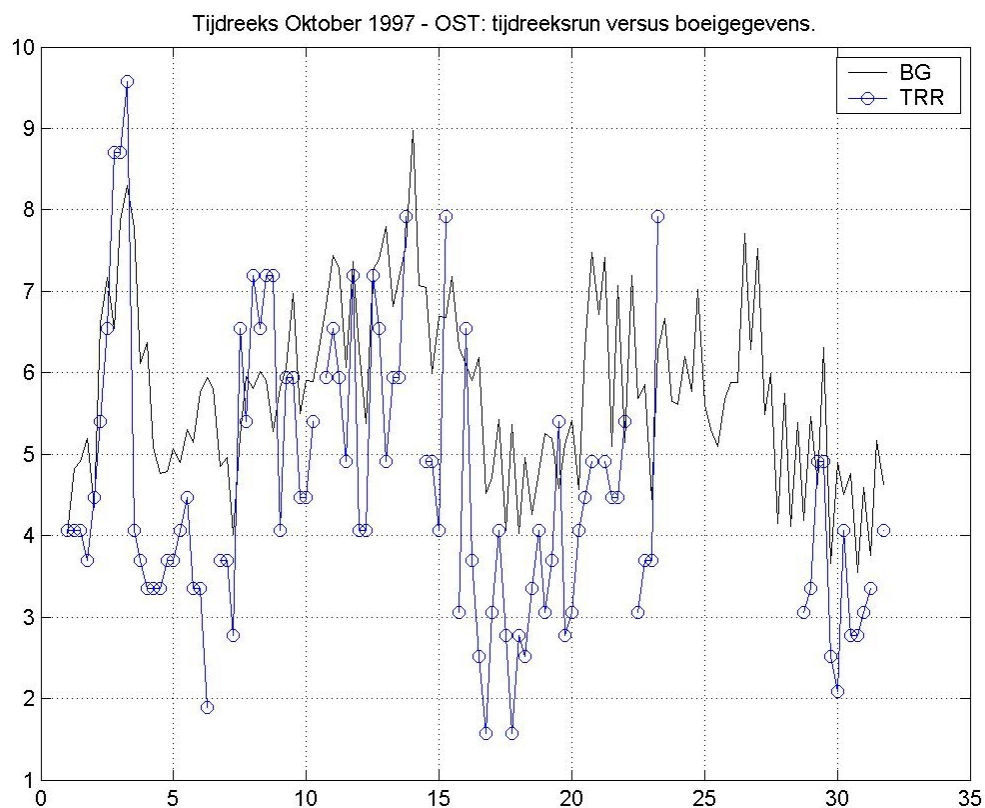
Beoordeling Tijdreeks versus Metingen  
Scatterplot en tijdsverloop voor Hm0  
Voor de maand oktober 1997



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 27



Beoordeling Tijdreeks versus Metingen  
Scatterplot en tijdsverloop voor TPE  
Voor de maand oktober 1997

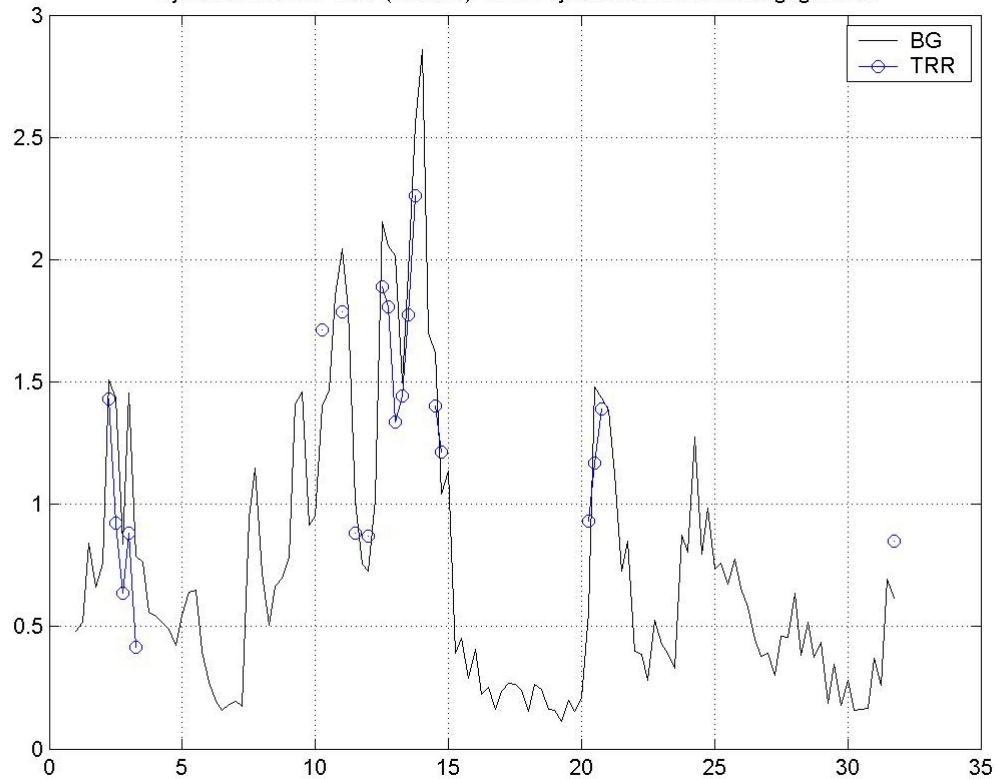


**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

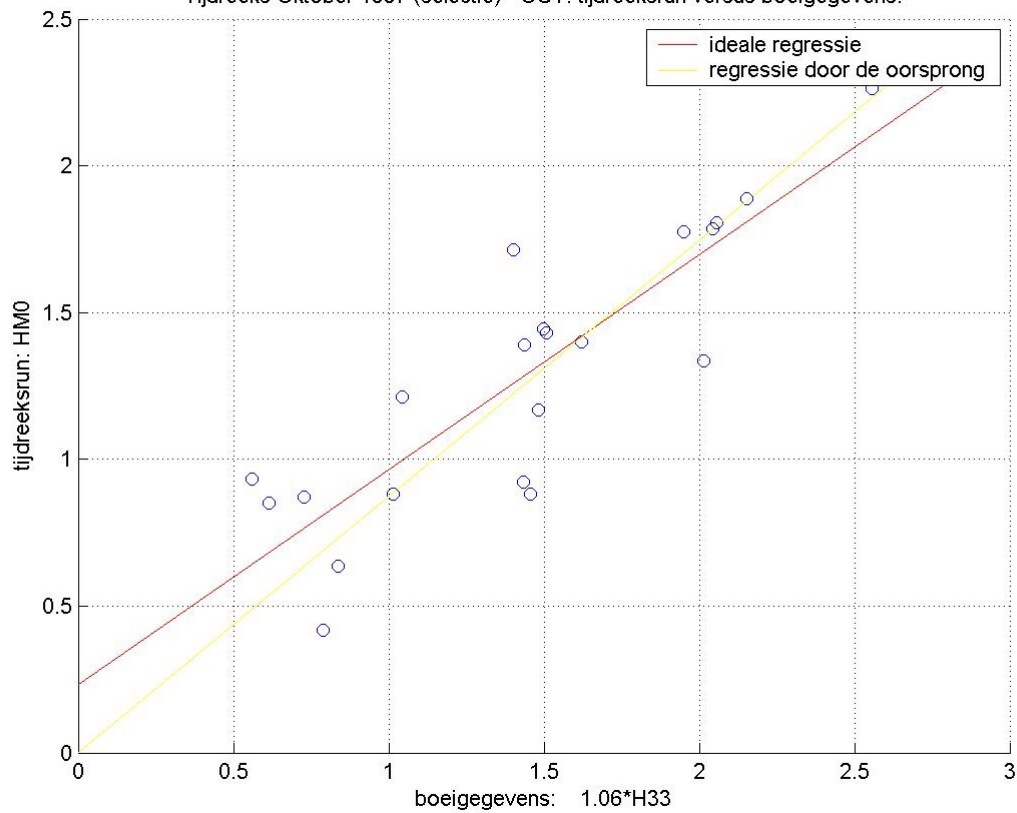
**M 644**

**Figuur 28**

Tijdreeks Oktober 1997 (selectie) - OST: tijdreeksrun versus boeigegevens.



Tijdreeks Oktober 1997 (selectie) - OST: tijdreeksrun versus boeigegevens.



Beoordeling Tijdreeks versus Metingen  
Scatterplot en tijdsverloop voor Hm0  
Voor geselecteerde tijdstippen  
Van de maand oktober 1997



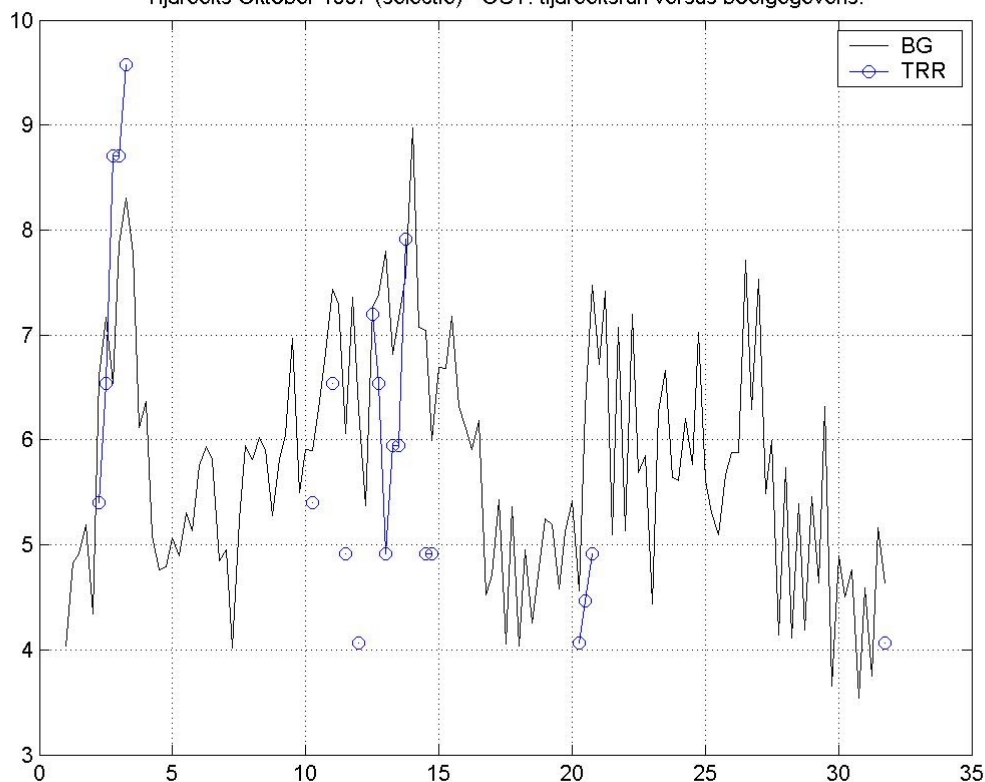
**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

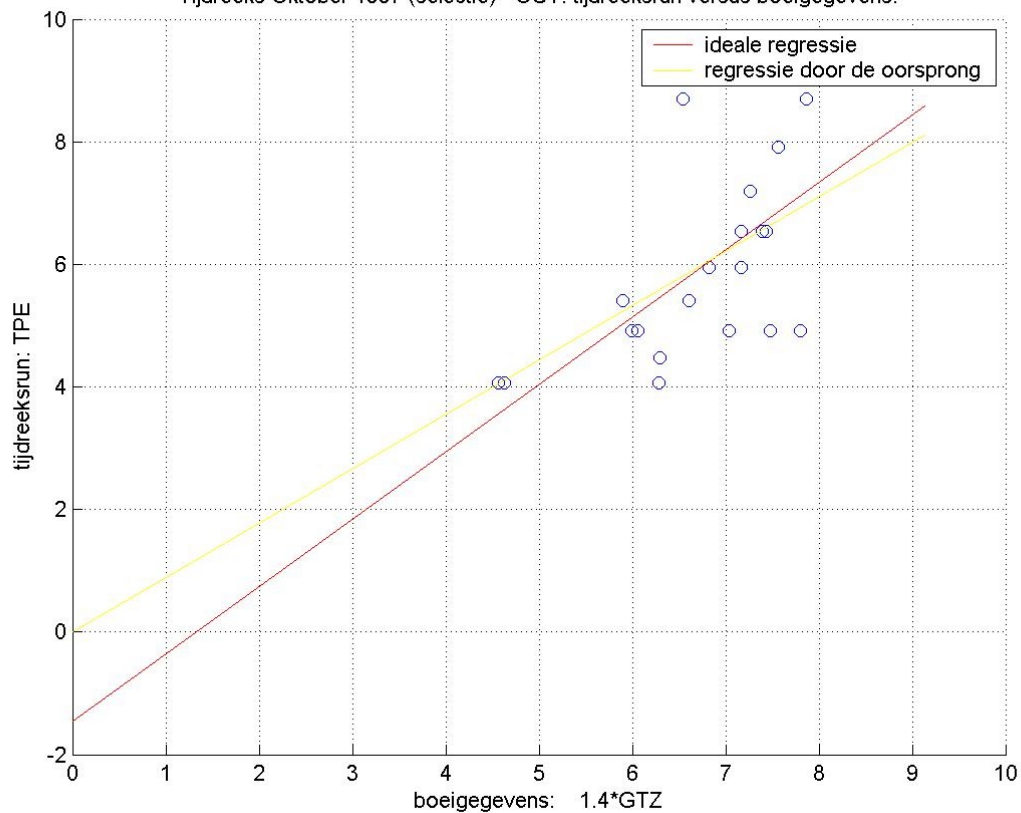
Figuur 29



Tijdreeks Oktober 1997 (selectie) - OST: tijdreeksrun versus boeigegevens.



Tijdreeks Oktober 1997 (selectie) - OST: tijdreeksrun versus boeigegevens.



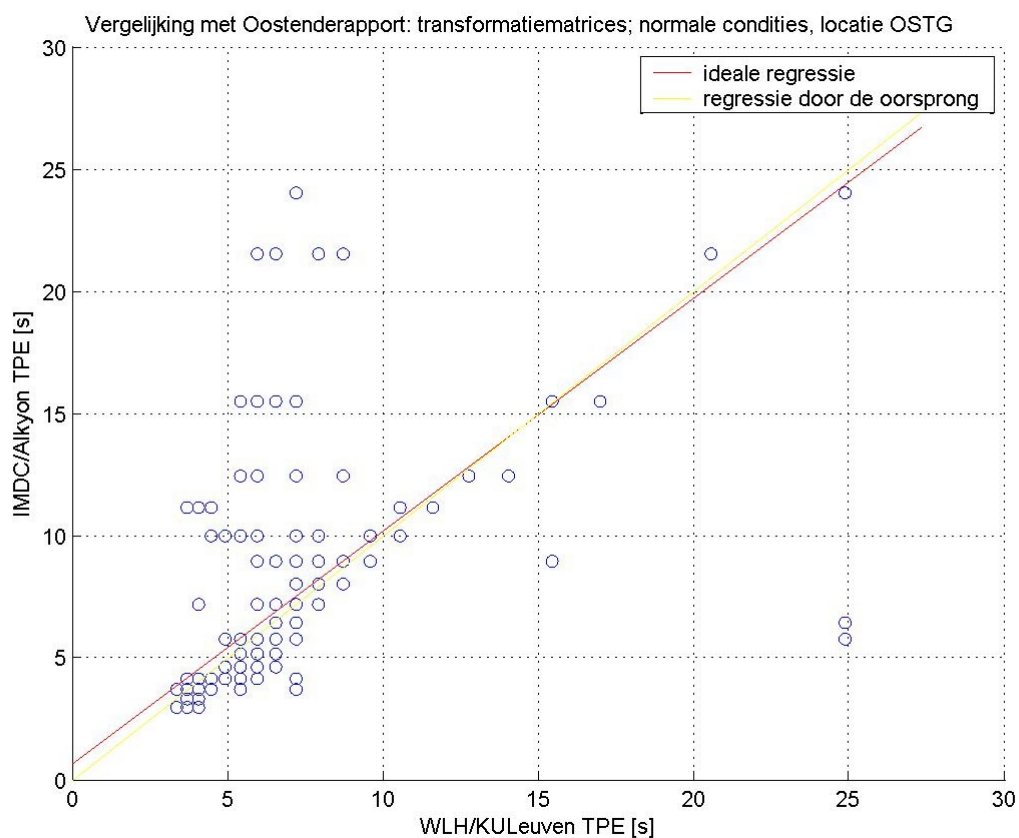
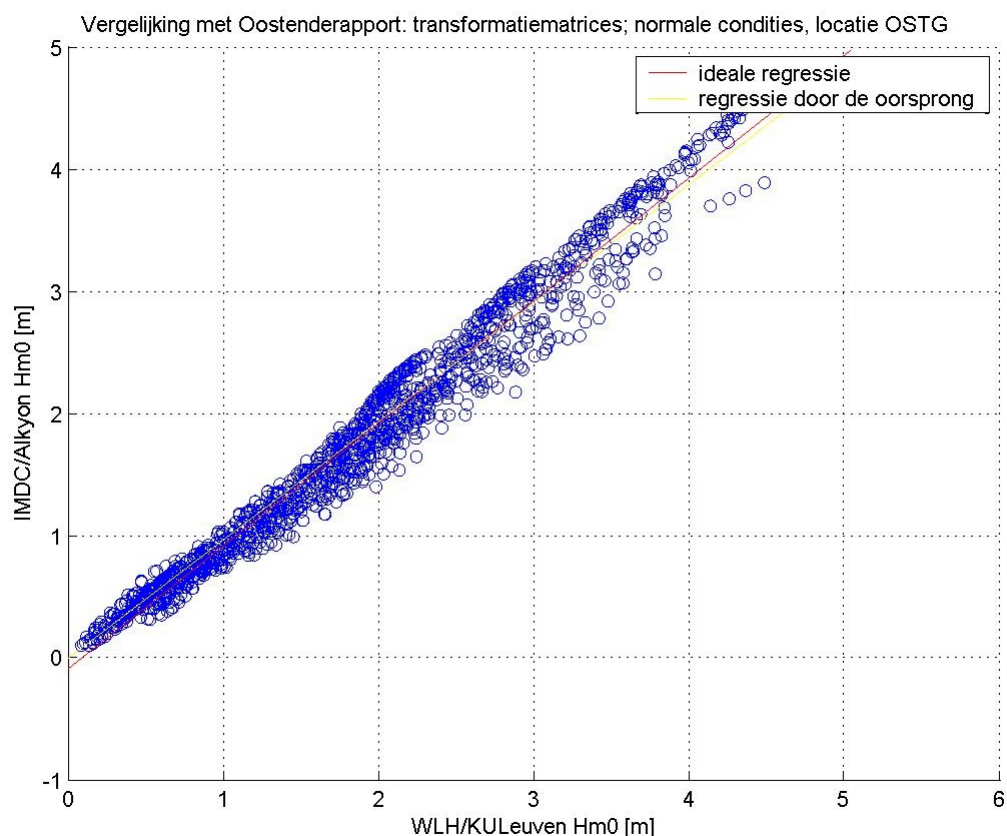
Beoordeling Tijdreeks versus Metingen  
Scatterplot en tijdsverloop voor TPE  
Voor geselecteerde tijdstippen  
Van de maand oktober 1997



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 30



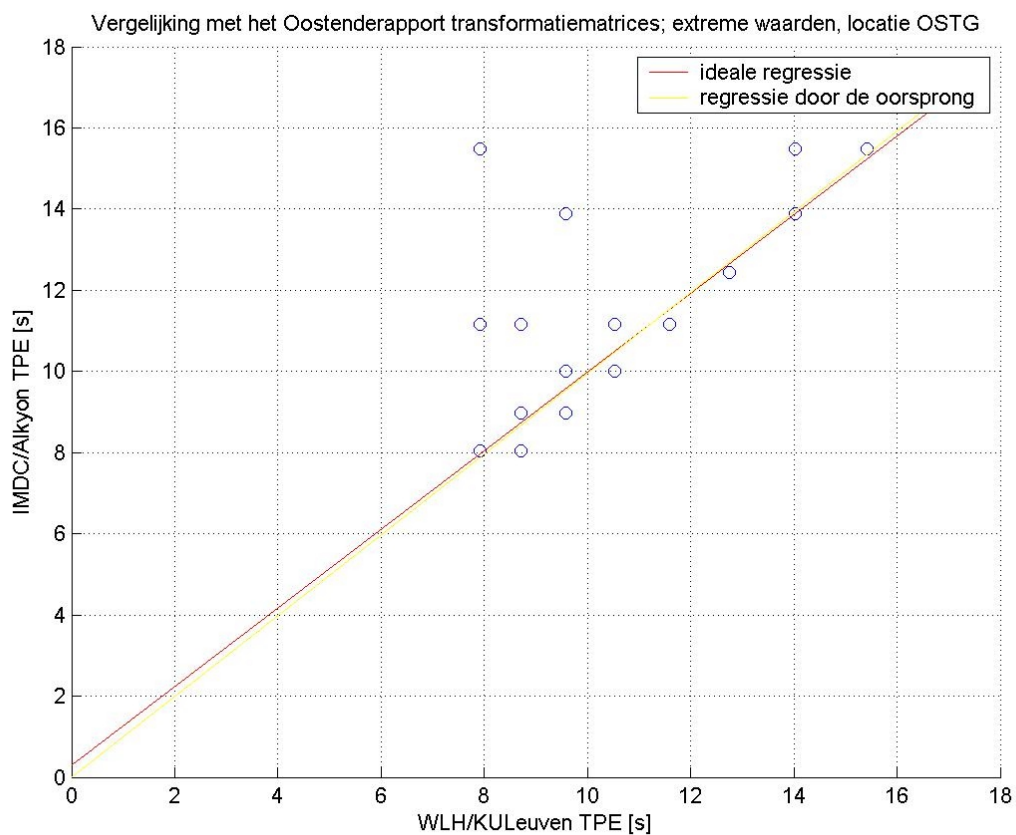
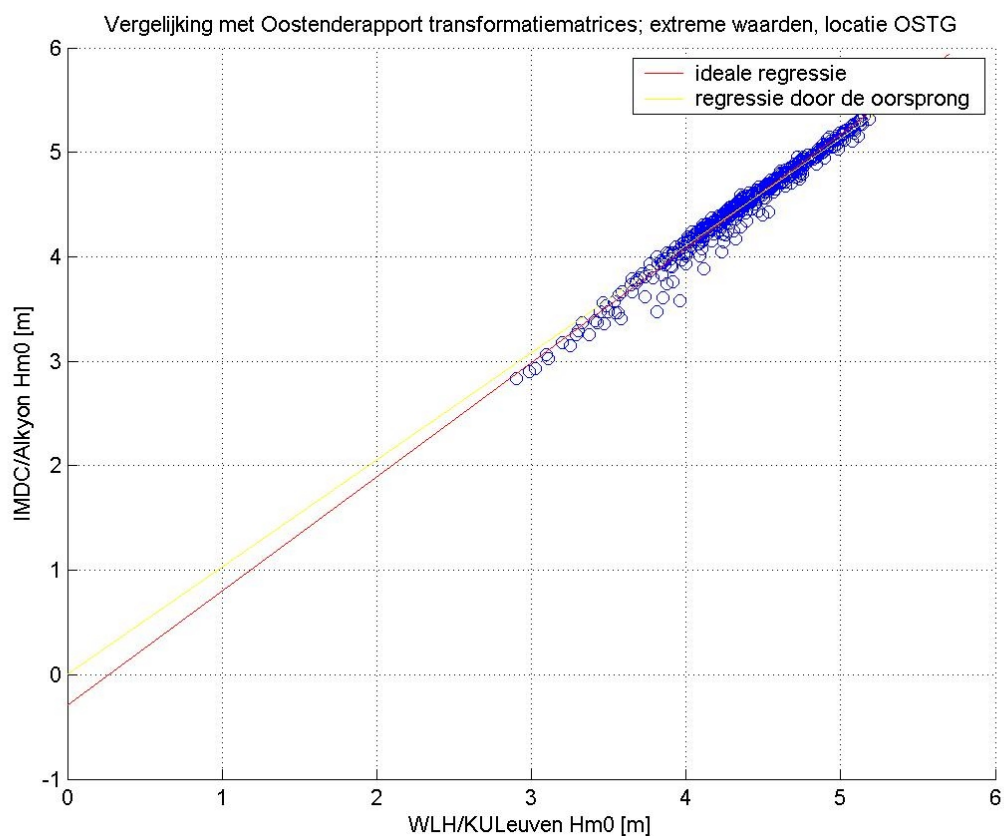
Vergelijking met het Oostenderapport  
Scatterplots van de resultaten van de transformatiematrix  
voor de normale condities op locatie Oostende boei:  
Significante golfhoogte en piekperiode



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

**Figuur 31**



Vergelijking met het Oostenderapport  
Scatterplots van de resultaten van de transformatiematrix  
voor de extreme waarden op locatie Oostende boei:  
Significante golfhoogte en piekperiode



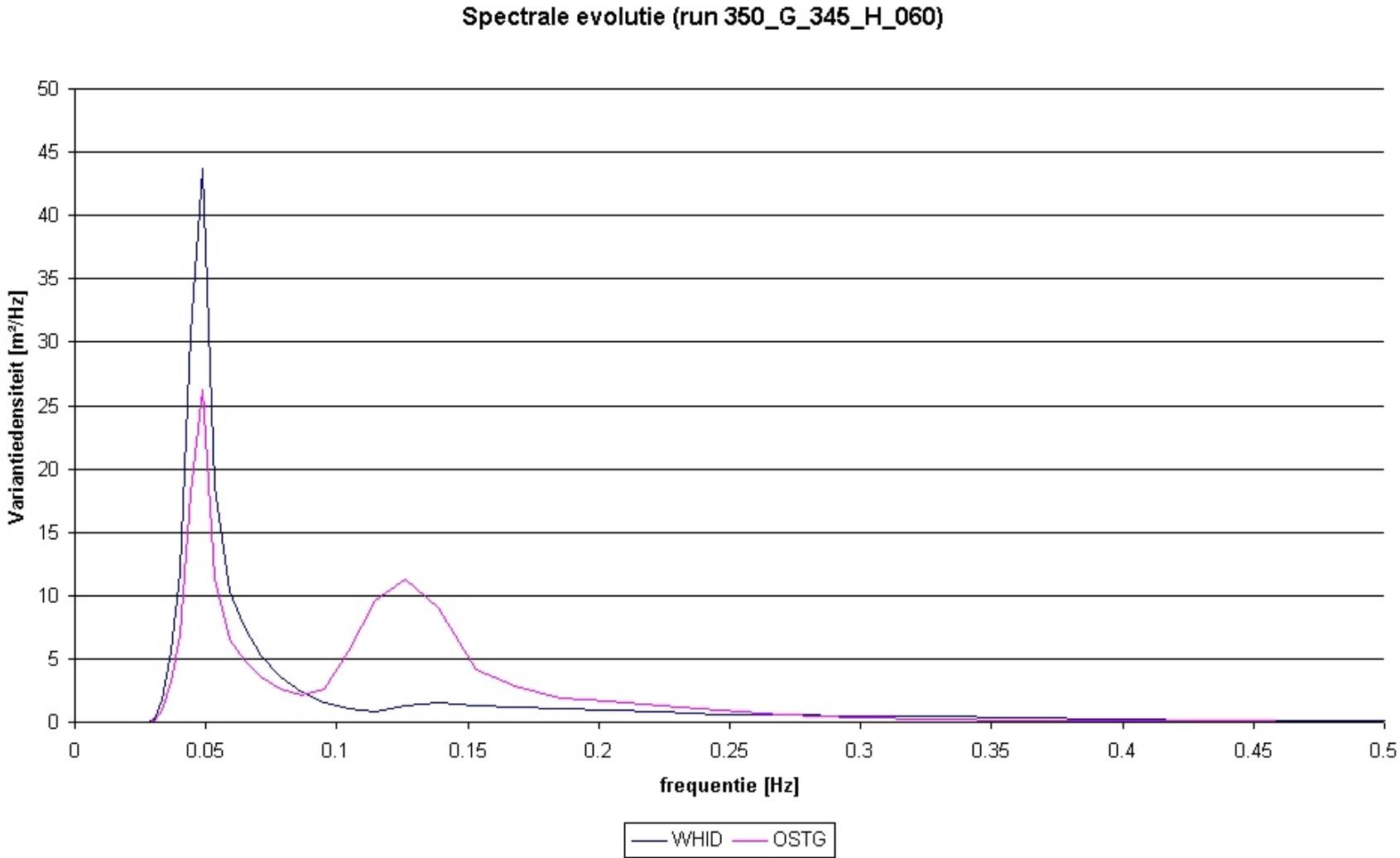
**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 644**

Figuur 32



Voorbeeld van een dubbelgepiekt spectrum in de run van de transformatiematrix:  
Run 350\_G\_345\_H\_060



# BIJLAGEN

# BIJLAGE A: GolfKL R003: TEST REKENROOSTERS

## 1 INLEIDING

Deze tekst beschrijft de belangrijkste resultaten van de test met een aantal verschillende rekenroosters.

De test is uitgevoerd met de volgende 6 rekenroosters:

- 1) rechthoekig rekenrooster
- 2) originele curvilineaire rekenrooster
- 3) idem 2, maar na toepassen van de operatie smoothing in delft3d-rgfgrid
- 4) curvilineair rekenrooster met variërende roosterlengte in y-richting (van 1km x 1km over 1 km x 500m naar 1 km x 250m )
- 5) idem 4, maar na toepassen van de operatie smoothing in delft3d-rgfgrid
- 6) genest rekenrooster op basis van het curvilineair rekenrooster uit 2)

Een voorstelling van de verschillende rekenroosters en een verklaring van de naamgeving en nummering is gegeven in Appendix B. Hier wordt ook de naamgeving en ligging van de verschillende uitvoerpunten besproken.

Omdat de resultaten voor al de 6 verschillende rekenroosters zeer weinig van elkaar verschillen zullen enkel de roosters 1,2, 4 en 6 in deze tekst aan bod komen. Hoofdstuk 2 geeft een vergelijking tussen roosters 1 en 2. De resultaten voor de roosters 4 en 6 volgen in paragraaf 5.

Als uitvoerparameters is significante golfhoogte, piekperiode, golfperiode TM01 en golfrichting opgevraagd in 20 verschillende punten verspreid over het hele rekenrooster. Voor de eenvoud zullen enkel de resultaten voor de belangrijkste punten en de belangrijkste golfkarakteristieken besproken worden.

Een volledig overzicht van de resultaten voor alle roosters en alle punten bevindt zich in appendix C.

Na het uitvoeren van de verschillende runs is gebleken dat voor 1 oktober 0h en 7 oktober 0h de berekeningen niet convergeren na het standaard aantal van 15 iteraties. De verschillende redenen volgen in hoofdstukken 3 en 4.

## 2 Vergelijking rechthoekig en curvilineair rekenrooster

Dit hoofdstuk bespreekt de resultaten van de runs met het rechthoekig rooster (rooster nummer 1 - Figuur B.1) en het originele curvilineaire rooster (rooster nummer 2 - Figuur B.2).

In SWAN wordt de golfvergelijking iteratief opgelost tot aan een zeker stopcriterium voldaan is. Tabel 1 geeft aan in hoeveel procent van de roosterpunten en na hoeveel iteraties aan het stopcriterium voldaan is (de term *nauwkeurigheid* (*nauwk.*) in de tabel wijst op het percentage roosterpunten). De berekening in SWAN stopt als de nauwkeurigheid bereikt is in 98 % van de roosterpunten of na 15 iteraties.

Uit de tabel blijkt dat voor 1 oktober en 7 oktober nog niet voldaan is aan dit stopcriterium. Voor beide data wordt dit verder besproken in respectievelijk hoofdstukken 3 en 4.

	1/10/97		7/10/97		13/10/97	
	nauwk.	iter.	nauwk.	iter.	nauwk.	iter.
rechthoekig	80.26	15	53.50	15	99.10	5
curvilineair	88.46	15	67.05	15	99.50	5

*Tabel 1 Convergentie voor de verschillende rekenroosters*

Tabellen 2 en 3 geven voor beide roosters de resultaten voor de parameters Hs en piekperiode (TPE). Uit de tabel blijkt dat het verschil slechts enkele centimeters bedraagt voor Hs en er geen verschil is bij de piekperiode.

rechthoekig rekenrooster								
		A2B	BVH	OST	AKZ	WHI	MP7	TRA
HS [m]	1/10/1997 0h	0.362	0.348	0.406	0.468	0.610	-9.000	0.330
	7/10/1997 0h	0.404	0.372	0.460	0.492	0.491	-9.000	0.316
	13/10/1997 0h	1.681	1.593	1.968	2.113	2.231	-9.000	1.576
TPE [s]	1/10/1997 0h	3.915	3.915	3.915	3.915	3.557	-9.000	3.915
	7/10/1997 0h	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	-9.000	3.557
	13/10/1997 0h	7.662	4.743	7.662	7.662	7.662	-9.000	7.662

*Tabel 2 Golfhoogte en piekperiode berekend met een rechthoekig rekenrooster*

curvilineair rooster								
		A2B	BVH	OST	AKZ	WHI	MP7	TRA
HS [m]	1/10/1997 0h	0.359	0.352	0.392	0.471	0.622	-9.000	0.318
	7/10/1997 0h	0.393	0.377	0.464	0.479	0.511	-9.000	0.336
	13/10/1997 0h	1.653	1.594	1.957	2.107	2.226	-9.000	1.562
TPE[s]	1/10/1997 0h	3.915	3.915	3.915	3.915	3.915	-9.000	3.915
	7/10/1997 0h	3.231	3.557	3.557	3.557	3.557	-9.000	3.557
	13/10/1997 0h	7.662	4.743	7.662	7.662	7.662	-9.000	7.662

*Tabel 3 Golfhoogte en piekperiode berekend met een curvilineair rekenrooster*

Ter vergelijking worden voor de boeien Westhinder en Bol van Heist de waarden voor dezelfde tijdstippen uit de boeigegevens voorgesteld in tabel 4.

		BVH	WHI
HS [m]	1/10/1997 0h	0.663	0.801
	7/10/1997 0h	0.219	0.444
	13/10/1997 0h	2.000	2.152
TPE [s]	1/10/1997 0h	3.330	3.770
	7/10/1997 0h	4.260	3.640
	13/10/1997 0h	7.140	7.410

Tabel 4 Golfhoogte en piekperiode uit boeigegevens

### 3 Niet-convergentie voor 1 oktober 1997

Uit de inputfile (Appendix A) blijkt dat voor 1 oktober 1997 0h de windsnelheid gelijk is aan 0 m/s. De windsnelheid die in deze file gebruikt is, is een uitmiddeling van de boeigegevens over een periode van 1 uur. Omdat de oorspronkelijke file start bij 1 oktober 0h, zijn geen gegevens aanwezig voor dit tijdstip en is de uiteindelijke waarde van de windsnelheid vervangen door 0 m/s. Wordt de run opnieuw uitgevoerd met een windsnelheid van 8.89 m/s (dit is 0.9 maal het gemiddelde van de windsnelheid over het volgende half uur, van 1 oktober 0h tot en met 1 oktober 0h 30 minuten), dan blijkt dat convergentie optreedt na 8 iteraties (nauwkeurigheid bereikt in 99.1 % van de gridpunten). De resultaten voor de verschillende boeien bevinden zich in tabel 5. Uit de tabel blijkt dat voor dit tijdstip de boeigegevens beter benaderd worden.

1/10/1997 0h							
	A2B	BVH	OST	AKZ	WHI	MP7	TRA
HS [m]	0.933	0.889	0.985	1.002	0.916	-9.000	0.820
TPE [s]	3.915	4.309	4.309	4.309	4.309	-9.000	3.915

Tabel 5 Golfhoogte en piekperiode

### 4 Niet convergentie voor 7 oktober 0h

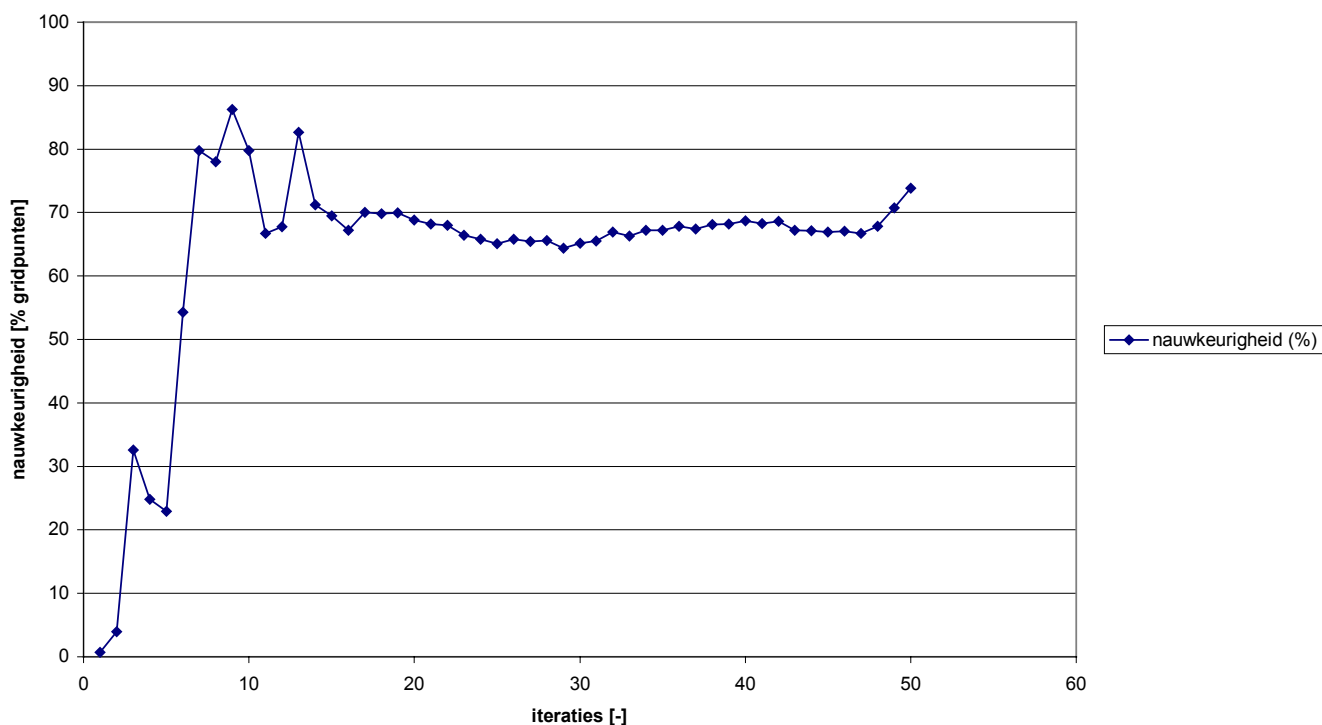
Voor het tijdstip van 7 oktober 0h treedt ook geen convergentie op na het standaard aantal van 15 iteraties. De figuur op volgende bladzijde geeft het verloop van het percentage gridpunten waarvoor voldaan is aan het convergentiecriteria. Uit de figuur blijkt dat na 15 iteraties het percentage gridpunten waarvoor aan het convergentiecriteria voldaan is min of meer constant blijft.

Vermoedelijk is het convergentiecriteria dat door SWAN gebruikt wordt te nauwkeurig. De berekening stopt als voldaan is aan volgende voorwaarden:

- Het verschil in golfhoogte en gemiddelde periode tussen twee opeenvolgende iteraties moet kleiner zijn dan een fractie 0.02 van de golfhoogte/periode in het beschouwde punt of van de gemiddelde golfhoogte/periode
- Aan vorige voorwaarde moet voldaan zijn in 98 % van de natte roosterpunten

Voor 7 oktober 0h blijkt uit de boeigegevens dat golfhoogte en golfperiode op WHI respectievelijk gelijk zijn aan 0.444 m en 3.640 s. Vermits WHI op de rand van het rekenrooster gelegen is, is de golfhoogte in de rest van het rekenrooster kleiner dan deze waarde. Een fractie 0.02 van deze waarde is gelijk aan 0.008 m of 8 mm en 0.07 s. Doordat de berekening enkel stopt als het verschil in golfhoogte/-periode kleiner is dan deze waarden, treedt vermoedelijk een zeer trage convergentie op.



**nauwkeurigheid in functie van het aantal iteraties voor 7 oktober 1997 0h***Percentage roosterpunten waarin aan het convergentiecriterium voldaan is*

Worden de resultaten na 50 voor de belangrijkste boeien na 50 iteraties vergeleken met deze na 15 iteraties, dan volgt uit tabel 6 dat het verschil maximaal 1 centimeter bedraagt.

07/10/1997								
		A2B	BVH	OST	AKZ	WHI	MP7	TRA
50 iteraties	HS [m]	0.416	0.382	0.469	0.484	0.494	-9.000	0.319
	TPE [s]	3.231	3.557	3.557	3.557	3.557	-9.000	3.557
15 iteraties	HS [m]	0.404	0.372	0.460	0.492	0.491	-9.000	0.316
	TPE [s]	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	-9.000	3.557

*Tabel 6 Vergelijking van de resultaten na 15 en 50 iteraties*

Uit bovenstaande kan voorzichtig geconcludeerd worden dat voor tijdstippen waarop de golfhoogte/ - periode klein is, eventueel geen convergentie optreedt na 15 iteraties, maar dat het resultaat toch voldoet (door het te enge convergentiecriterium)

## 5 Resultaten genest rekenrooster en rekenrooster nummer 1

### 5.1 Curvilineair rekenrooster

Tabel 7 geeft een overzicht van de resultaten voor de punten die in de 3 verschillende niveaus geneste rekenroosters gelegen zijn. Uit de resultaten blijkt dat het verder verfijnen van het rooster niet zoveel invloed heeft op de golfhoogte.

Hs – genest rekenrooster								
Datum	Rooster	Resolutie	A2B	BVH	N2LR	N2LL	N2MM	N2RM
1/10/1997 0h	6grof	1km x 1 km	0.359	0.352	0.319	0.308	0.355	0.268
	N1L+M+R	500m x 500m	0.351	0.342	0.318	0.306	0.348	0.259
	N2L+M+R	250m x 250m	0.350	0.342	0.320	0.302	0.348	0.261
7/10/1997 0h	6grof	1km x 1 km	0.393	0.376	0.353	0.333	0.400	0.273
	N1L+M+R	500m x 500m	0.392	0.382	0.333	0.337	0.394	0.265
	N2L+M+R	250m x 250m	0.392	0.375	0.335	0.336	0.395	0.266
13/10/1997 0h	6grof	1km x 1 km	1.652	1.591	1.563	1.566	1.652	0.992
	N1L+M+R	500m x 500m	1.654	1.589	1.571	1.544	1.647	1.021
	N2L+M+R	250m x 250m	1.660	1.618	1.595	1.535	1.657	1.003

*Tabel 7 Resultaten voor punten gelegen in de verschillende rekenroosters*

### 5.2 Rooster nummer 1

Tabel 8 vergelijkt de resultaten voor golfhoogte berekend met originele curvilineair rooster (Figuur B.4) en het rechthoekig rooster (Figuur B.1). Het verschil tussen beide roosters is zeer klein

		HS						
		A2B	BVH	OST	AKZ	WHI	MP7	TRA
rooster 1	1/10/1997 0h	0.360	0.348	0.394	0.475	0.623	-9.000	0.311
	7/10/1997 0h	0.390	0.376	0.460	0.495	0.499	-9.000	0.327
	13/10/1997 0h	1.696	1.619	1.991	2.141	2.232	-9.000	1.537
rechthoekig rooster	1/10/1997 0h	0.362	0.348	0.406	0.468	0.610	-9.000	0.330
	7/10/1997 0h	0.404	0.372	0.460	0.492	0.491	-9.000	0.316
	13/10/1997 0h	1.681	1.593	1.968	2.113	2.231	-9.000	1.576

*Tabel 8 Vergelijking van de resultaten voor het originele curvilineair rooster en het rechthoekig rooster*

Opmerking: Bij bovenstaande resultaten moet opgemerkt worden dat de resolutie van de gebruikte bathymetrie  $0.01^\circ \times 0.01^\circ$ , of ongeveer 1 km x 700 m is. Het feit dat de resolutie van het rekenrooster kleiner is dan de resolutie van de bathymetrie, kan misschien ook een verklaring zijn dat de resultaten weinig verschillen.

**APPENDIX 1: VOORBEELD VAN EEN INPUTFILE**

```

$***** HEADING *****
$
PROJECT 'vgl rooster' '001 '
        'origineel curvilineair rekenrooster'
        ' '
        '
$
$***** MODEL INPUT *****
$
SET    LEVEL =    2.50    NOR =    90.00    DEPMIN =    0.05 _
        GRAV =     9.81    RHO =   1025.00    INRHOG =     1 _
        NAUT
$
MODE NONSTATIONARY

CGRID CURV 116 43 EXCEPT -999,-999 CIR 24 0.05 0.50 24
READ COOR 1. 'grk_c_or_swn.grd' 4 0 nhedvec= 1
$
INPGRID BOTTOM CURVI EXCEPT -999
READINP BOTTOM 1.0 'grk_c_or_swn.dep' 4 0 FREE
$
$
BOU SIDE N CCW CON FILE 'mspN199710010000.bnd' 1
BOU SIDE E CCW CON FILE 'mspE199710010000.bnd' 1
BOU SIDE W CCW CON FILE 'mspW199710010000.bnd' 1
$
$
GEN3
FRIC JON 0.0670
NUM DIR cdd= 0.50 SIGIM css= 0.50
$
NUM ACCUR 0.020 0.020 0.020 98.000 15
$

$***** OUTPUT REQUEST *****
$
POINTS 'ptn' FILE 'outputlocaties.loc'
$
TABLE 'ptn' SWAN 'curvi_lineair.tab' HSIGN DIR TM01 RTP
$
TEST ITEST= 0 ITRACE= 0
POOL

WIND 0.0001 242.57
COMPUTE STATIONARY 19971001.000000

WIND VEL= 4.50 DIR= 212.91
COMPUTE STATIONARY 19971007.000000

WIND 10.34 308.74
COMPUTE STATIONARY 19971013.000000

STOP

```

## APPENDIX 2: REKENROOSTERS EN UITVOERPUNTEN

### B.1 NAAMGEVING/NUMMERING VAN DE REKENROOSTERS

Figuren B.1 tot en met B.6 geven een overzicht van de verschillende gebruikte rekenroosters. De nummering (zoals in hoofdstuk 1 gegeven) is aangegeven in de rechterbovenhoek van het kader. Achtereenvolgens komen volgende roosters voor:

- rooster 1 (figuur B.1): rechthoekig rekenrooster (127 x 40 roosterpunten)
- rooster 2 (figuur B.2): het originele curvilineaire rekenrooster, roostercellen met een grootte van ongeveer 1 km x 1 km. (117 x 44 roosterpunten)
- rooster 3 (figuur B.3): idem 3, maar na toepassen van de optie *smoothing* in *delft3d-rgfgrid*
- rooster 4 (figuur B.4): curvilineair rooster met de grootte van de roostercellen respectievelijk gelijk aan +/- 1 km x 1 km, 1 km x 500m, 1 km x 250 m. (117 x 96 roosterpunten)
- rooster 5 (figuur B.5): zelfde rooster als in 1, maar na toepassen van de optie *smoothing* in *delft3d-rgfgrid*
- rooster 6 (figuur B.6): genest rekenrooster op basis van rooster 3

De gegevens over de verschillende geneste rekenroosters van rooster 6 bevinden zich in tabel B-1

rooster	roosterpunten	roosterlengte
grof	117 x 44	+/- 1 km x 1 km
N1L	81 x 21	500 m x 500 m
N1R	41 x 21	500 m x 500 m
N1M	71 x 31	500 m x 500 m
N2L	81 x 21	250 m x 250 m
N2R	69 x 33	250 m x 250 m
N2M	35 x 21	250 m x 250 m

*Tabel B-1 Aantal roosterpunten en grootte van de roostercellen voor het geneste rekenrooster*

De naamgeving van de verschillende roosters is als volgt: De eerste twee karakters van de naam van het genest rekenrooster geven het niveau van nesting aan (*N1* duidt op niveau 1), het volgende karakter (*L,M,R*) geven aan of het gaat over het linkse (*L*), het rechtse (*R*), of het middelste (*M*) rooster.

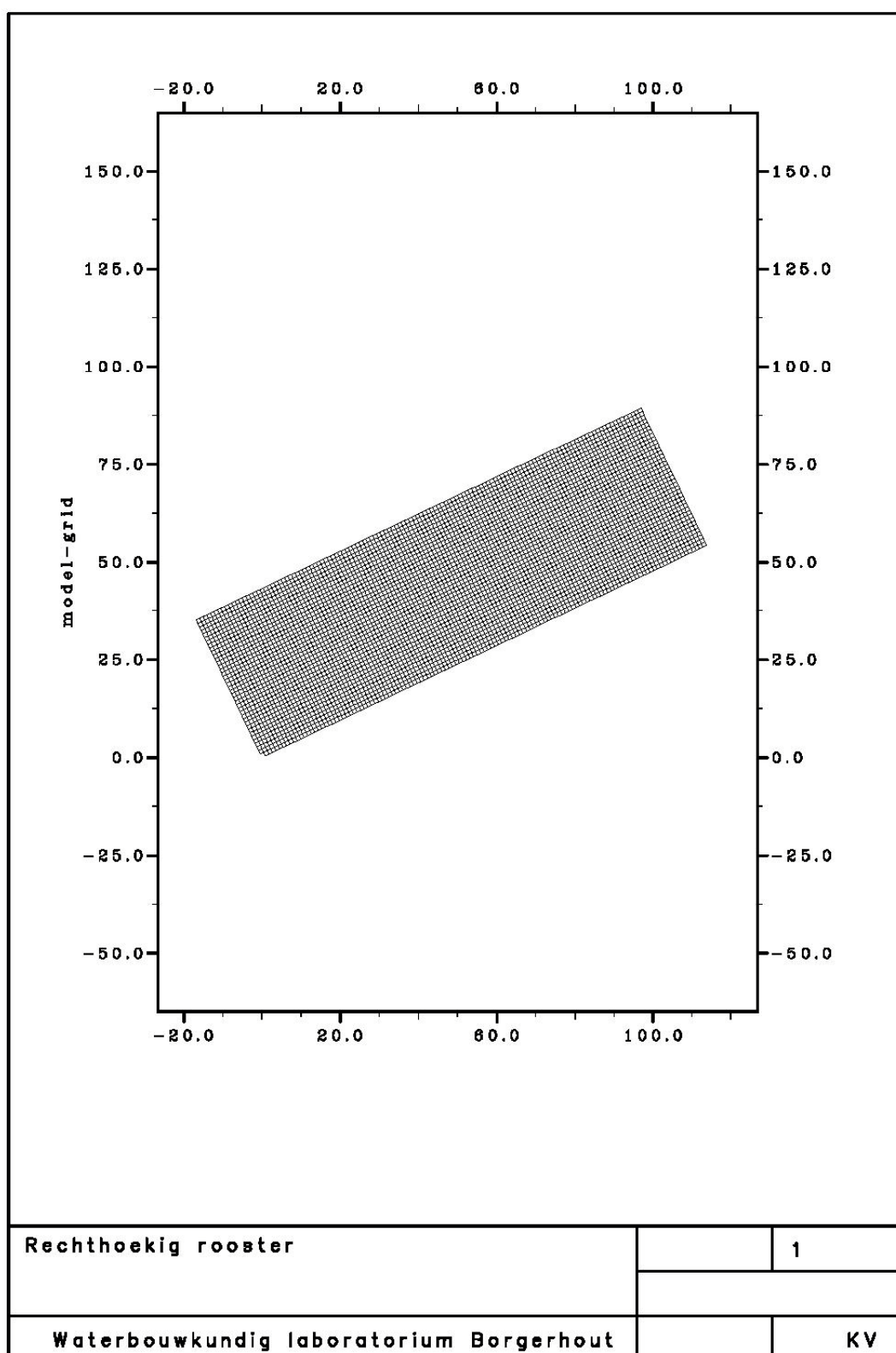
### B.2 NAAMGEVING VAN DE UITVOERPUNTEN

De naamgeving van verschillende punten waar de output worden opgevraagd, is als volgt opgebouwd:

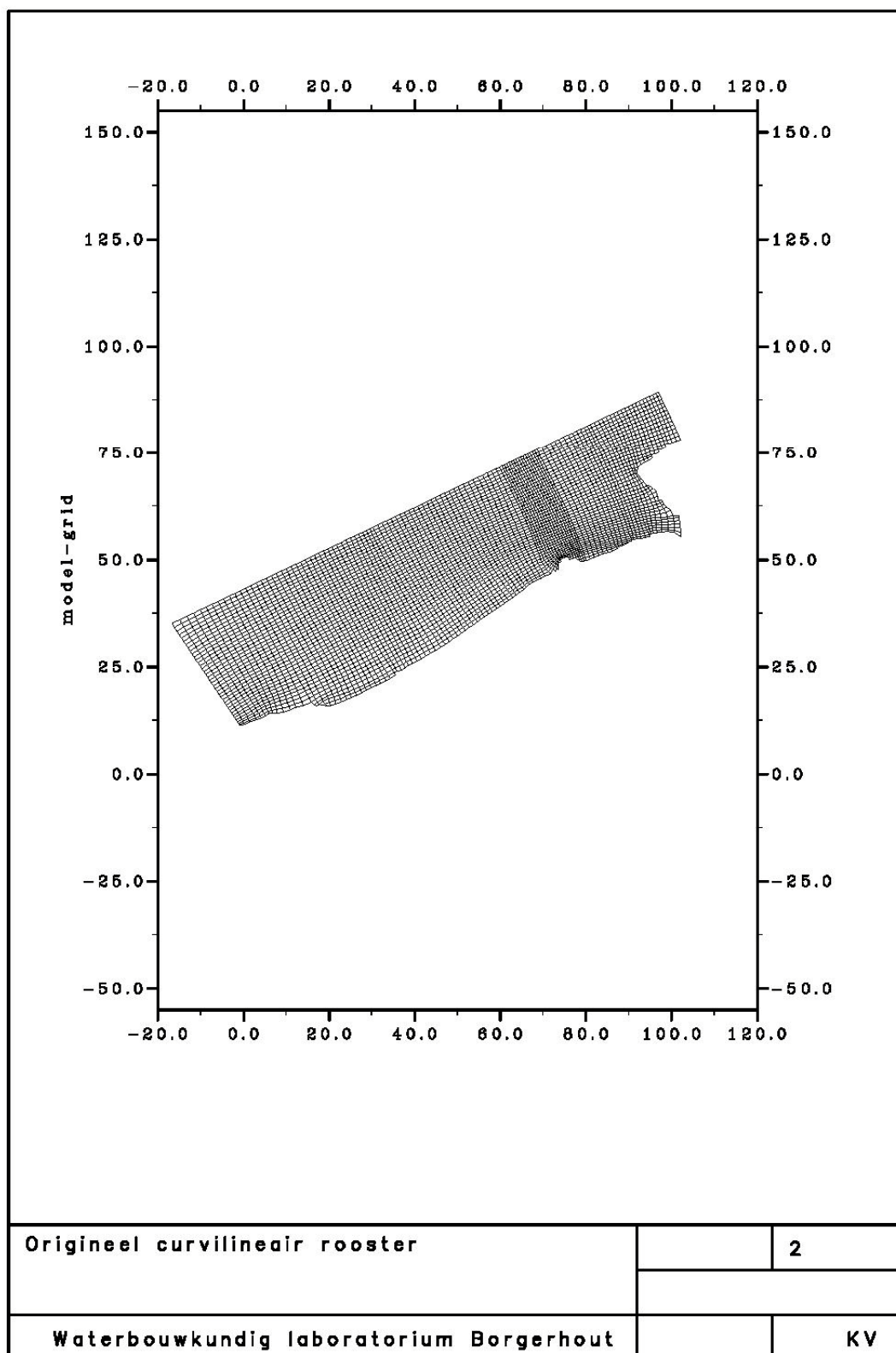
- Voor de boeien aan de Belgisch Kust wordt de naam van de boei gebruikt (*A2B*, *BVH*, *OST*, *AKZ*, *WHI*, *TRA*)
- De naam van de andere punten is opgebouwd uit twee delen: voor de geneste roosters geven de eerste 3 karakters de naam van het rekenrooster aan waarin het punt gelegen is (zoals beschreven in B.1), voor het grof rekenrooster geldt dit enkel voor de eerste twee karakters (*GR*). Het volgende karakter geeft een aanduiding van de ligging van de punten (zoals bij de naamgeving van het rekenrooster duiden de *L,R* en *M* op het feit dat het punt aan respectievelijk de linkerkant, de rechterkant, of in het midden van het rooster gelegen is). Voor het grof rekenrooster bestaat het tweede deel uit twee karakters: het eerste geeft aan of het punt aan de linker- of de rechterkant gelegen is (*L,R*), het tweede karakter geeft aan of het onderaan of bovenaan gelegen is (*O,B*).

Opmerking: de aanduiding links en rechts is omgewisseld bij de punten N2LL en N2LR

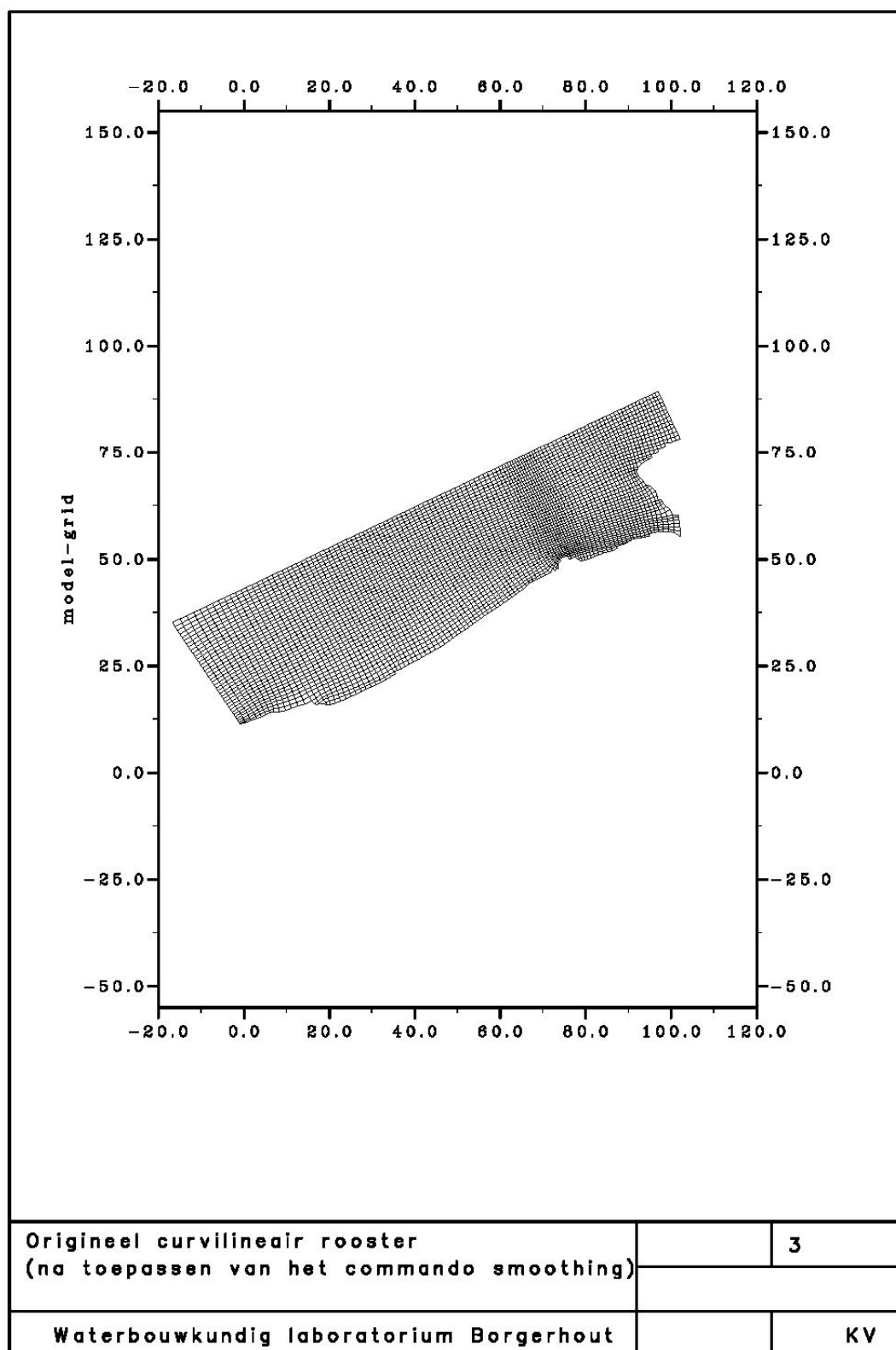
De ligging van de punten is gegeven in de figuur B.6.



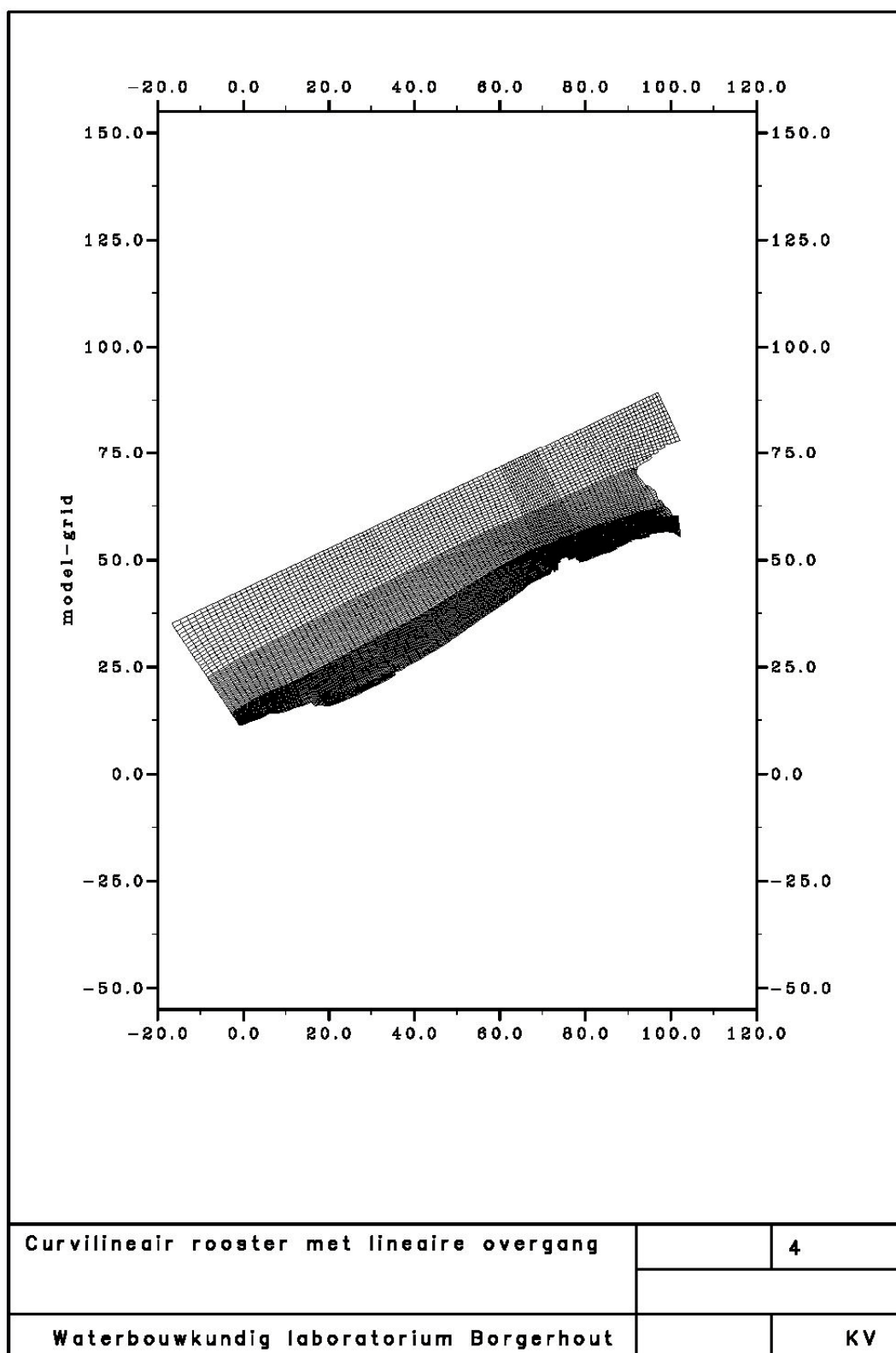
*Figuur B.1 Rechthoekig rooster*



*Figuur B.2 Origineel curvilineair rooster*

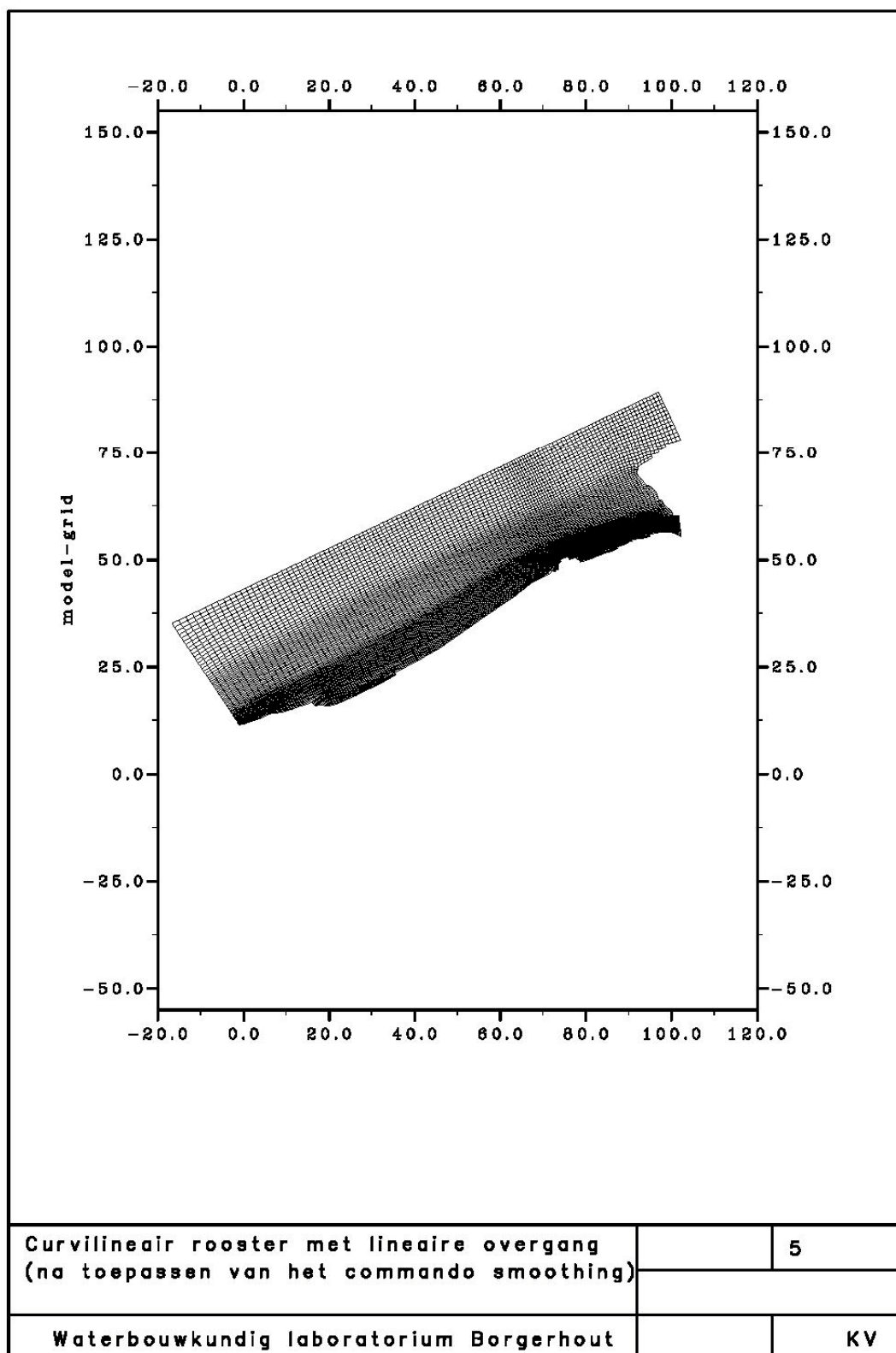


*Figuur B.3 Origineel curvilineair rooster na toepassen van commande smoothing*

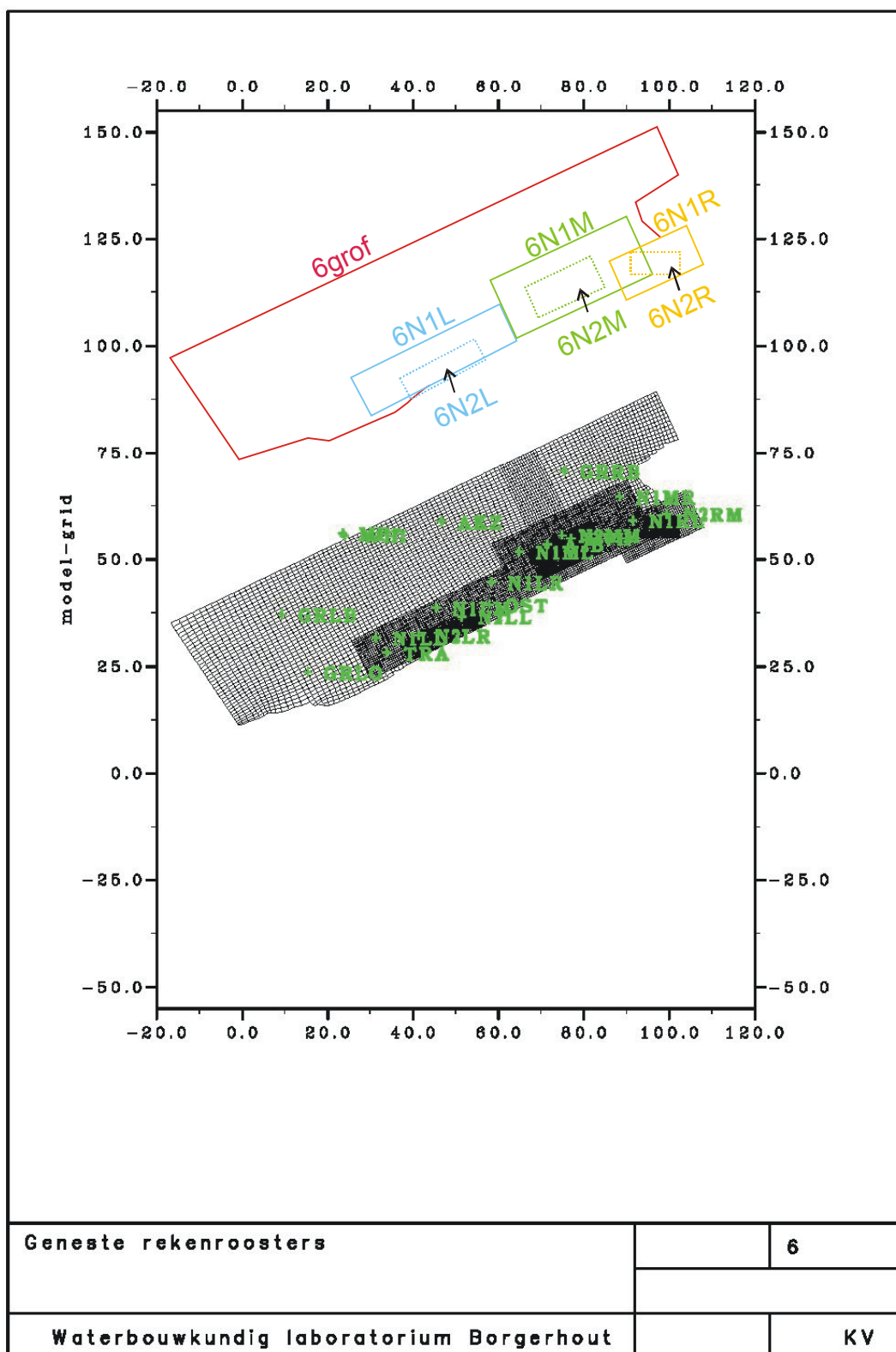


*Figuur B.4 Curvilineair rooster met lineaire overgang*





*Figuur B.5 Curvilineair rooster met lineaire overgang na toepassen van commando smoothing*



*Figuur B.6 Genest rekenrooster met voorstelling van de outputlocaties*

## APPENDIX 3 RESULTATEN VAN DE BEREKENINGEN

		Hs																			
		A2B	BvH	OST	AKZ	WHI	MP7	TRA	GRLB	GRLO	N1LL	N1LR	N2LR	N2LL	N1LM	N1ML	N1MR	N2MM	N1RL	N2RM	GRFB
1-10-97 0.00	1	0.360	0.348	0.394	0.475	0.623	-9.000	0.311	0.590	0.407	0.339	0.338	0.328	0.315	0.348	0.365	0.320	0.359	0.299	0.262	0.445
	2	0.358	0.356	0.396	0.475	0.622	-9.000	0.314	0.587	0.409	0.342	0.337	0.329	0.312	0.351	0.364	0.324	0.367	0.298	0.262	0.441
	3	0.359	0.352	0.392	0.471	0.622	-9.000	0.318	0.586	0.407	0.345	0.328	0.319	0.308	0.340	0.357	0.315	0.355	0.300	0.268	0.443
	4	0.361	0.355	0.392	0.470	0.621	-9.000	0.321	0.585	0.400	0.349	0.330	0.321	0.306	0.341	0.357	0.318	0.358	0.302	0.263	0.440
	5	0.362	0.348	0.406	0.468	0.610	-9.000	0.330	0.540	0.420	0.354	0.344	0.320	0.315	0.352	0.367	0.317	0.359	0.306	0.270	0.438
	6 grof	0.359	0.352	0.392	0.471	0.622	-9.000	0.318	0.586	0.407	0.345	0.328	0.319	0.308	0.340	0.357	0.315	0.355	0.300	0.268	0.443
	6 N1L	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	0.314	-9.000	-9.000	0.345	0.326	0.318	0.306	0.342	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N1M	0.351	0.342	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	0.353	0.310	0.348	0.288	-9.000	-9.000
	6 N1R	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	0.298	0.259	-9.000
	6 N2L	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	0.320	0.302	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N2M	0.350	0.342	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	0.348	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N2R	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	0.261	-9.000
	boei		0.663			0.801															
7-10-97 0.00	1	0.390	0.376	0.460	0.495	0.499	-9.000	0.327	0.513	0.343	0.366	0.379	0.343	0.334	0.386	0.417	0.370	0.392	0.314	0.281	0.478
	2	0.401	0.381	0.474	0.497	0.503	-9.000	0.323	0.526	0.347	0.359	0.382	0.340	0.336	0.383	0.422	0.373	0.400	0.314	0.280	0.501
	3	0.393	0.377	0.464	0.479	0.511	-9.000	0.336	0.517	0.347	0.376	0.376	0.353	0.333	0.388	0.411	0.368	0.400	0.311	0.273	0.488
	4	0.392	0.368	0.465	0.476	0.514	-9.000	0.336	0.515	0.340	0.371	0.384	0.358	0.334	0.390	0.414	0.375	0.392	0.311	0.273	0.493
	5	0.404	0.372	0.460	0.492	0.491	-9.000	0.316	0.505	0.341	0.358	0.389	0.335	0.341	0.402	0.418	0.361	0.406	0.307	0.269	0.494
	6 grof	0.393	0.376	0.464	0.479	0.511	-9.000	0.336	0.517	0.347	0.376	0.376	0.353	0.333	0.388	0.411	0.367	0.400	0.311	0.273	0.487
	6 N1L	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	0.322	-9.000	-9.000	0.370	0.373	0.333	0.337	0.389	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N1M	0.392	0.382	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	0.412	0.359	0.394	0.311	-9.000	-9.000
	6 N1R	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	0.310	0.265	-9.000
	6 N2L	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	0.335	0.336	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N2M	0.392	0.375	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	0.395	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N2R	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	0.266	-9.000
	boei		0.219			0.444															
13-10-97 0.00	1	1.696	1.619	1.991	2.141	2.232	-9.000	1.537	2.149	1.460	1.621	1.698	1.607	1.594	1.702	1.766	1.405	1.674	1.316	1.014	2.034
	2	1.707	1.602	1.995	2.145	2.236	-9.000	1.534	2.153	1.467	1.621	1.698	1.611	1.589	1.701	1.770	1.397	1.677	1.306	1.008	2.042
	3	1.653	1.594	1.957	2.107	2.226	-9.000	1.562	2.111	1.472	1.610	1.650	1.564	1.566	1.678	1.743	1.378	1.656	1.284	0.991	1.986
	4	1.660	1.585	1.959	2.111	2.227	-9.000	1.550	2.108	1.490	1.603	1.649	1.568	1.562	1.676	1.748	1.381	1.662	1.283	0.976	2.000
	5	1.681	1.593	1.968	2.113	2.231	-9.000	1.576	2.104	1.533	1.606	1.655	1.566	1.574	1.703	1.750	1.369	1.669	1.283	0.974	2.013
	6 grof	1.652	1.591	1.957	2.106	2.225	-9.000	1.561	2.111	1.472	1.610	1.650	1.563	1.566	1.677	1.742	1.375	1.652	1.284	0.992	1.978
	6 N1L	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	1.560	-9.000	-9.000	1.646	1.658	1.571	1.544	1.681	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N1M	1.654	1.589	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	1.736	1.391	1.647	1.281	-9.000	-9.000
	6 N1R	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	1.327	1.021	-9.000
	6 N2L	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	1.595	1.535	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N2M	1.660	1.618	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	1.657	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N2R	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	1.003	-9.000
	boei		2.000			2.152															

		TPE																			
		A2B	BVH	OST	AKZ	WHI	MP7	TRA	GRLB	GRLO	N1LL	N1LR	N2LR	N2LL	N1LM	N1ML	N1MR	N2MM	N1RL	N2RM	GRRB
1-10-97 0.00	1	3.915	3.915	3.915	3.915	3.915	-9.000	3.557	3.915	3.557	3.915	3.915	3.915	3.557	3.915	3.915	3.915	3.915	3.915	3.915	3.915
	2	3.915	3.915	3.915	3.915	3.915	-9.000	3.557	3.915	3.915	3.915	3.915	3.915	3.557	3.915	3.915	3.557	3.915	3.915	3.915	3.915
	3	3.915	3.915	3.915	3.915	3.915	-9.000	3.915	3.915	3.557	3.915	3.557	3.915	3.557	3.915	3.915	3.557	3.915	3.915	3.915	3.915
	4	3.915	3.915	3.915	3.915	3.915	-9.000	3.915	3.915	3.915	3.915	3.557	3.915	3.557	3.915	3.915	3.557	3.915	3.915	3.915	3.915
	5	3.915	3.915	3.915	3.915	3.557	-9.000	3.915	3.915	3.915	3.915	3.557	3.915	3.557	3.915	3.915	3.557	3.915	3.557	3.557	3.915
	6 grof	3.915	3.915	3.915	3.915	3.915	-9.000	3.915	3.915	3.557	3.915	3.557	3.915	3.557	3.915	3.915	3.915	3.915	3.915	3.915	3.915
	6 N1L	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	3.915	-9.000	-9.000	3.915	3.557	3.915	3.915	3.915	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N1M	3.915	3.915	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	3.915	3.915	3.915	3.915	-9.000	-9.000
	6 N1R	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	3.915	3.915	-9.000
	6 N2L	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	3.915	3.915	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N2M	3.915	3.915	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	3.915	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N2R	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	3.915	-9.000
	boei		3.330			3.770															
7-10-97 0.00	1	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	-9.000	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.231	3.557	3.557	3.557	3.557
	2	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	-9.000	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.231	3.557	3.557	3.557	3.557
	3	3.231	3.557	3.557	3.557	3.557	-9.000	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.231	3.557	3.557	3.557	3.557
	4	3.231	3.557	3.557	3.557	3.557	-9.000	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.231	3.231	3.231	3.231	3.557	3.557
	5	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	-9.000	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.231	3.231	3.231	3.557	3.557	3.557
	6 grof	3.231	3.557	3.557	3.557	3.557	-9.000	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	3.231	3.557	3.557	3.557	3.557
	6 N1L	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	3.557	-9.000	-9.000	3.557	3.557	3.557	3.557	3.557	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N1M	3.557	3.557	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	3.557	3.557	3.557	3.557	-9.000	-9.000
	6 N1R	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	3.557	3.557	-9.000
	6 N2L	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	3.557	3.557	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N2M	3.557	3.557	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	3.557	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N2R	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	3.557	-9.000
	boei		4.260			3.640															
13-10-97 0.00	1	5.220	5.220	7.662	7.662	7.662	-9.000	5.220	7.662	5.220	7.662	5.220	5.220	5.220	5.220	7.662	5.220	5.220	4.743	4.309	7.662
	2	5.220	5.220	7.662	7.662	7.662	-9.000	5.220	7.662	5.220	7.662	5.220	5.220	7.662	5.220	7.662	5.220	5.220	4.743	4.309	7.662
	3	7.662	4.743	7.662	7.662	7.662	-9.000	7.662	7.662	7.662	7.662	7.662	5.220	7.662	7.662	7.662	7.662	7.662	4.743	4.309	7.662
	4	7.662	4.743	7.662	7.662	7.662	-9.000	7.662	7.662	7.662	7.662	7.662	5.220	7.662	7.662	7.662	7.662	7.662	4.743	4.309	7.662
	5	7.662	4.743	7.662	7.662	7.662	-9.000	7.662	7.662	7.662	7.662	7.662	5.220	7.662	7.662	7.662	7.662	7.662	4.743	4.309	7.662
	6 grof	7.662	4.743	7.662	7.662	7.662	-9.000	7.662	7.662	7.662	7.662	7.662	5.220	7.662	7.662	7.662	7.662	7.662	4.743	4.309	7.662
	6 N1L	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	7.662	-9.000	-9.000	7.662	7.662	5.220	7.662	7.662	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N1M	7.662	5.220	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	7.662	7.662	4.743	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N1R	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	4.743	4.309	-9.000
	6 N2L	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	5.220	7.662	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N2M	7.662	5.220	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	7.662	-9.000	-9.000	-9.000
	6 N2R	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	-9.000	4.309	-9.000
	boei		7.140			7.410															

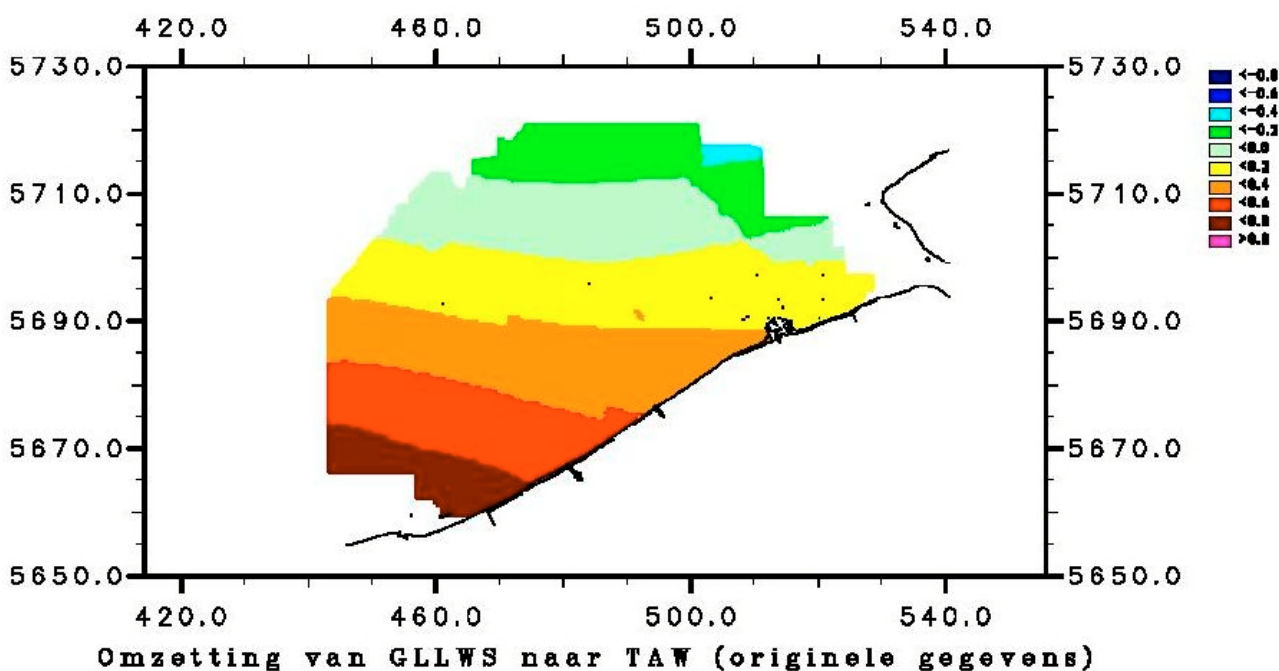
## BIJLAGE B: REDUCTIE GLLWS - TAW

Deze tekst werd op een paar aanpassingen na, integraal overgenomen uit het tussentijds document: golfkl\_r002\_opbouw-bathymetrie.doc, geschreven door Kristof Verelst.

Gegevens over de omzetting van GLLWS naar TAW bevinden zich in de file *reductieH.xyz* (afkomstig van de *Afdeling Waterwegen Kust*). De file bevat de gegevens voor de omzetting van GLLWS naar TAW op een rechthoekig rooster waarvan Tabel 9 de grenzen en de resolutie geeft. Een voorstelling van deze gegevens is afgebeeld in Figuur 1.

	X	Y
minimum	443000	5655000
maximum	535000	5722000
resolutie	1000	1000

Tabel 9 Kenmerken van het rechthoekig rooster waarop de gegevens van de omzetting van GLLWS naar TAW gekend zijn



Figuur 1 Omzetting van GLLWS naar TAW (originele gegevens na wegnippen van delen met nullen)

Het gedeelte van dit rechthoekig gebied waar geen gegevens ter beschikking zijn is voorgesteld door nullen. Het gebied waarin wel gegevens gekend zijn, omvat een gebied dat een nogal onregelmatige vorm heeft (zoals ook op te merken is in Figuur 1.) Daarom zullen de gegevens uitgebreid worden met behulp van een extrapolatie. Dit wordt uitgevoerd met het fortran-programma *reducH.exe*. Dit programma fit een functie die bestaat uit een product van twee splines van de tweede graad met 30 knooppunten in de x-richting en 15 knooppunten in de y-richting door de originele gegevens. Daarna worden de functiewaarden berekend op het volledige gebied. Een meer gedetailleerde beschrijving vind u terug in Appendix A van het oorspronkelijke document. De file *reductieH\_interp\_30x15.xyz* bevat de gegevens voor de omzetting van GLLWS naar TAW voor een gebied, waarvoor minimum en maximum grenzen in X- en Y-richting samenvallen met deze van zeekaart D11.

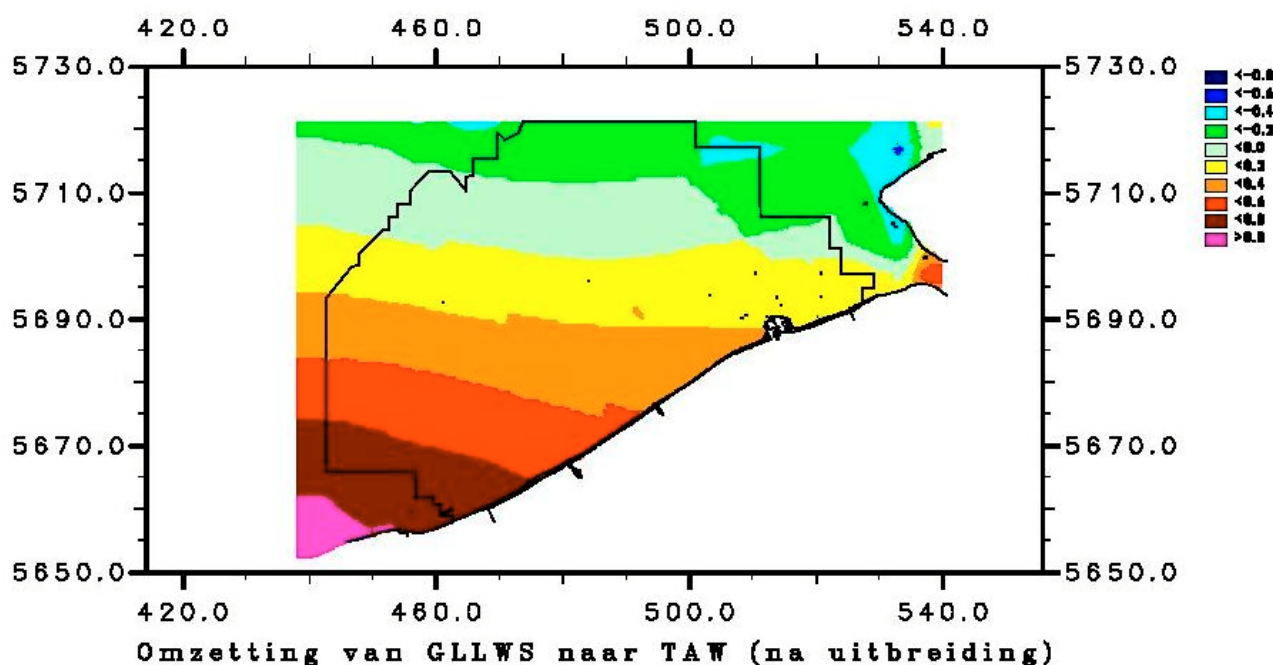
De uitbreiding van de originele gegevens voor de omzetting van GLLWS naar TAW wordt uitgevoerd volgens volgende methode (met behulp van DELFT3D-quickin):

- inlezen van file *reductieH.xyz*, wegnippen van delen met nullen (dit geeft file *reductieH\_red.xyz*)
- interpoleren (optie *triangular interpolation*) op een rechthoekig rooster(rooster uit tabel 1.1) van 250m x 250m (*reductieH\_red.dep*)
- inlezen van file *reductieH\_interp\_30x15.xyz* (gegevens over omzetting van GLLWS naar TAW op volledige rooster)
- interpoleren (optie *triangular interpolation*) van de resterende niet ingevulde gebieden op hetzelfde rechthoekig rooster (file *reductieH\_ext.dep*)
- omzetten van dieptegegevens naar meetgegevens op de roosterpunten (file *reductieH\_ext.xyz*)

Deze laatste file (*reductieH\_ext.xyz*) geeft de gegevens over de omzetting van GLLWS naar TAW voor een rechthoekig rooster van 250m x 250m, waarvan de kenmerken gegeven zijn in de Tabel 10. Figuur 2 geeft het resultaat na uitbreiding van de originele gegevens met de geëxtrapoleerde data.

	X	Y
oorsprong	438115.625	5639188.5
aantal roosterzellen	450	350
resolutie	250	250

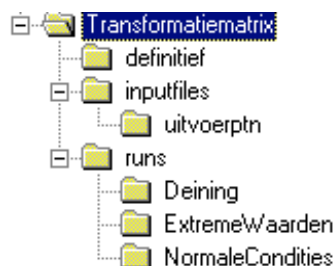
Tabel 10 Kenmerken van het rooster gebruikt voor de omzetting van GLLWS naar TAW.



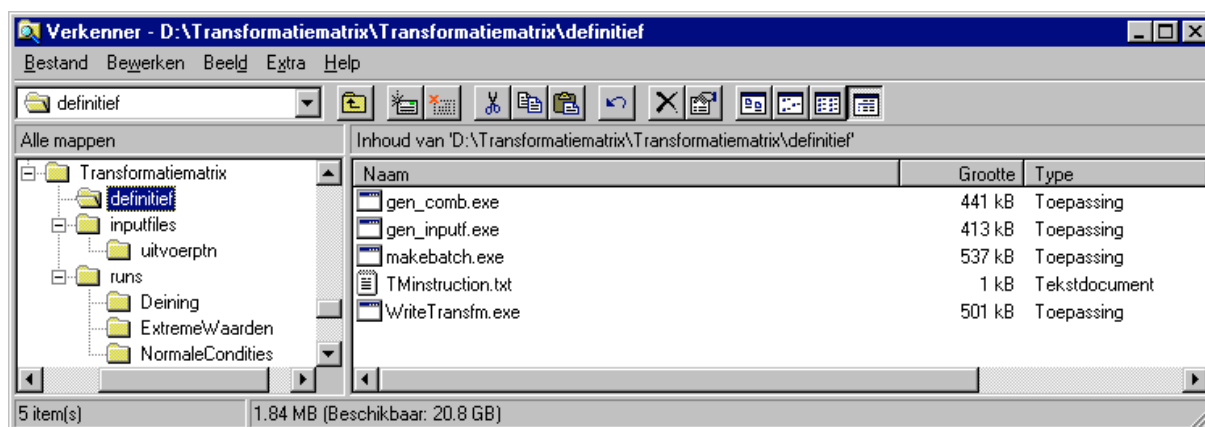
Figuur 2 Omzetting van GLLWS naar TAW na uitbreiding  
(Gegevens in de figuur binnen de aangeduide veelhoek zijn identiek als deze in Figuur 1)

## BIJLAGE C: AUTOMATISATIE VAN DE BEREKENING: VOORBEELD

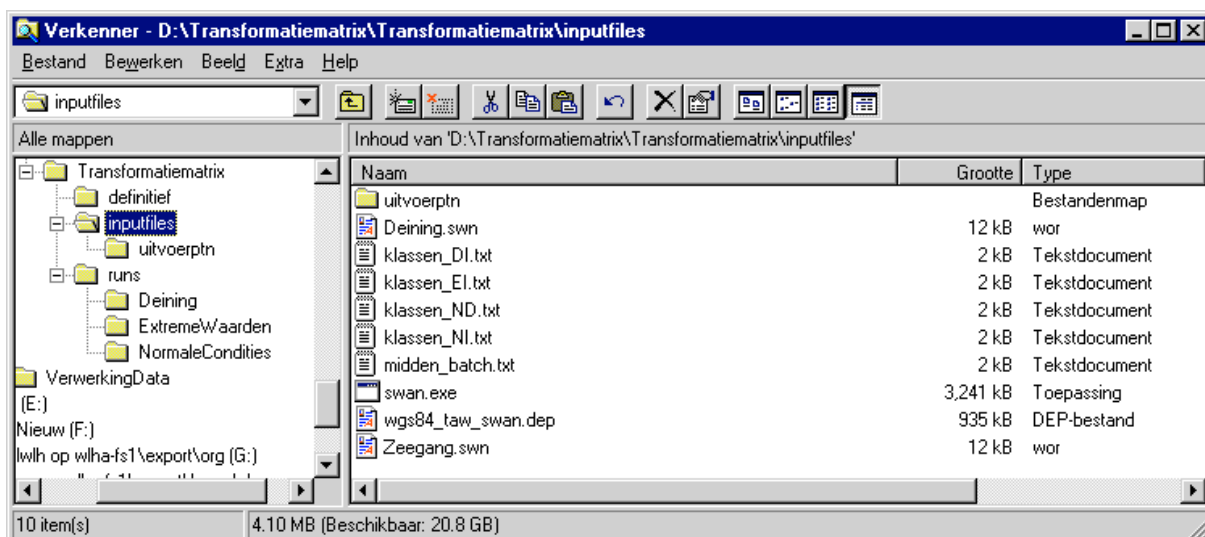
De gebruikte directory - structuur ziet er als volgt uit:



Onder de folder “definitief” werden de executables geplaatst samen met het instructiebestand voor het programma WriteTransfm.exe.



De folder inputfiles bevat een map met de voorgedefinieerde uitvoerlocaties, de gebruikte klassenindelingen, de prototype SWAN – bestanden (voor deining werd een ander bestand gebruikt dan voor zeeegang), een bestand met de DOS-commando's voor de batchfile, de SWAN executable en het diepteprofiel:





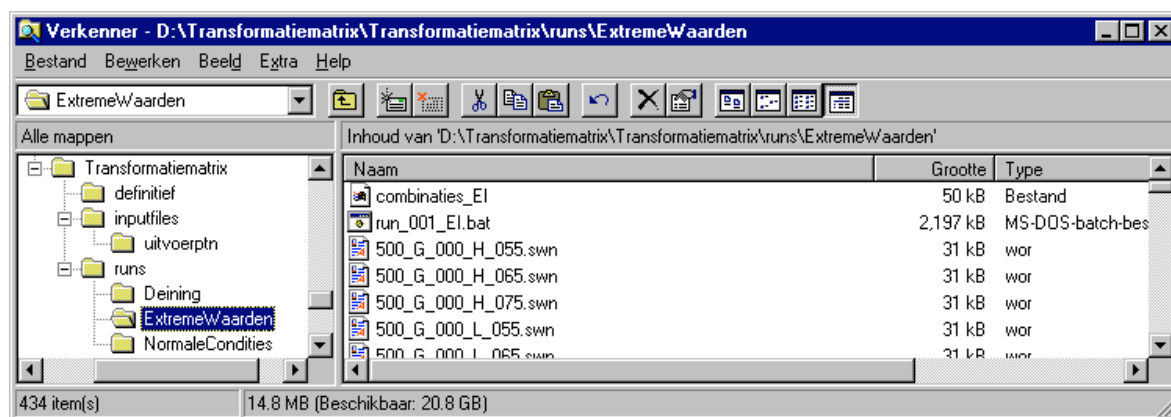
Om de berekeningen uit te voeren voor de klassen indeling van de extreme waarden gaan we als volgt te werk:

1. programma gen\_comb.exe
  - 1.1. dialoogvenster: "geef inputfile met indeling in klassen": .\inputfiles\klassen\_EI.txt
  - 1.2. dialoogvenster: "Geef directory voor outputfile(file=dummy-file) :  
.\runs\ExtremeWaarden\dummy.txt
2. programma gen\_inputfile.exe
  - 2.1. dialoogvenster: "Geef standaard inputfile": .\inputfiles\Zeegang.swn
  - 2.2. dialoogvenster: "Geef (binaire) file met combinaties": .\runs\ExtremeWaarden\combinaties\_EI
  - 2.3. (De SWAN - invoerbestanden worden onder dezelfde map bewaard als het bestand met de combinaties.)
3. programma makebatch.exe
  - 3.1. dialoogvenster: "Geef (binaire) file met combinaties": .\runs\ExtremeWaarden\combinaties\_EI
  - 3.2. dialoogvenster: "Geef voorbeeldfile met middendeel": .\inputfiles\midden\_batch.txt
  - 3.3. dialoogvenster: "batch-file", "Geef maximum # combinaties per batchfile": 500
  - 3.4. (De batchfile run\_001\_EI.bat wordt onder dezelfde directory geplaatst als het bestand met de combinaties en dus ook de SWAN-invoerbestanden.)
4. run\_001\_EI.bat (aanklikken en alle instructies worden uitgevoerd, het duurt wel een paar weken)
5. WriteTransfm.exe (aanklikken, de instructies worden opgegeven in Tminstruction.txt)

Eén van de dialoogvensters:



De folder ExtremeWaarden na het uitvoeren van de programma's gen\_comb.exe, gen\_inputf.exe en makebatch.exe, maar vóór het opstarten van de batchfile:





**Voorbeeld invoerbestanden****Een SWAN invoerbestand**

```

$***** HEADING *****
$
PROJECT 'Transf_Matrix' '001'
,
,
,
$
$***** MODEL INPUT *****
$

MODE STATIONARY

SET LEVEL 2.50 NOR 90.00
SET NAUT
$
$ definitie van het rekenrooster:
CGRID REG 438116.00 5639190.00 25.50 125000.00 39000.00 500 156 CIRCLE 36 0.025 0.85 37
$
$ invoer van het bathymetrisch rooster:
INPGRID BOTTOM REG 438116.00 5639190.00 25.50 500 156 250.00 250.00 EXCVAL -999.0000
READINP BOTTOM 1.0 'wgs84_taw_swan.dep' 4 0 FREE
$
$ invoer van de randvoorwaarden:
BOU SHAP JON 3.3 PEAK POW
BOU SIDE N CCW CON PAR 3.0 5.0 300. 2.
BOU SEGM IJ 500 80 500 156 CON PAR 3.0 5.0 300. 2.
BOU SIDE W CCW CON PAR 3.0 5.0 300. 2.
$
$ Aangeven van de te gebruiken formuleringen:
GEN3 KOMEN
BREAK CON 1.00 0.73
FRIC JON 0.0670
WIND 10.34 300
$
NUM ACCUR 0.020 0.020 0.020 98.000 15
$
$***** OUTPUT REQUEST *****
$
$ definities van de uitvoerlocaties:
$ 1. door de coördinaten op te geven:
POINTS 'WHID' 461245.189 5692631.670
POINTS 'BVHD' 514387.179 5691918.792

$ 2. door de bestandsnaam op te geven:
POINTS '5mV' FILE '5m_Verplaatst.txt'

$ opvragen van 1. de geïntegreerde parameters
$ 2. het ééndimensionale spectrum (energie ifv frequentie)
$ 3. het twee dimensionale spectrum (energie ifv frequentie en richting)
$ voor de gedefinieerde uitvoerlocaties.

TABLE 'WHID' HEAD 'WHID.tab' XP YP DEP HS RTP DIR TM01 TM02 WIND
SPEC 'WHID' SPEC1D ABS 'WHID.sp1'
SPEC 'WHID' SPEC2D ABS 'WHID.sp2'

TABLE 'BVHD' HEAD 'BVHD.tab' XP YP DEP HS RTP DIR TM01 TM02 WIND
SPEC 'BVHD' SPEC1D ABS 'BVHD.sp1'
SPEC 'BVHD' SPEC2D ABS 'BVHD.sp2'

TABLE '5mV' HEAD '5mV.tab' XP YP DEP HS RTP DIR TM01 TM02 WIND
SPEC '5mV' SPEC1D ABS '5mV.sp1'
SPEC '5mV' SPEC2D ABS '5mV.sp2'

TEST ITEST= 0 ITRACE= 0
POOL

COMPUTE

STOP

```

## Een invoerbestand klassenindeling: klassen\_NI.txt

```

$Voor elke parameter is de naam van de parameter, de eenheid, het aantal klassen
$en de verdeling in klassen(klassemidden) gegeven.
$
$OPMERKINGEN:
$wind/golfrichting: Als voor deze parameter de eenheid vervangen wordt door SECTOR dan
$   betekent dit dat de verschillende sectoren (N,NE,...) gegeven zijn en niet de
$   getalwaarden voor de klassemiddens in °
$volgorde: de volgorde van de parameters in de naamgeving is dezelfde als de volgorde
$   bij de definitie van de parameters
$
$NPAR      Aantal parameters in deze inputfile
5
$PARAMETER 1
HS
m
4
5.0
6.5
7.5
8.5
$PARAMETER 2
TPE
VERBAND_S
2
G
K
$PARAMETER 3
DIR
°
6
270
292.5
315
337.5
0
22.5
$PARAMETER 4
WVS
VERBAND_S
3
L
M
H
$PARAMETER 5
WST
m
3
5.5
6.5
7.5
$=====
$VERMENIGVULDIGINGSFACTOR voor de naamgeving van de combinatie
2
HS
100
WST
10
$=====
$NBEP      Beperkingen van het aantal combinaties
0
$=====
$VERB      Verbanden tussen verschillende parameters
2
HS-TPE
s
11.323      8.439
12.910      9.623
13.868      10.336
14.763      11.004
HS-WVS
m/s
15.8 22.8 32.6
20.0 27.0 37.4
22.6 29.6 40.3
25.2 32.2 43.2

```

## Een middenstuk van een batchfile: midden\_batch.txt

```

if not exist COMBINATIE.swn goto error
mkdir COMBINATIE
cd COMBINATIE
copy ..\..\..\Inputfiles\WGS84_TAW_swan.dep wgs84_taw_swan.dep
copy ..\COMBINATIE.swn INPUT
%rem -- PREPARATION -----
copy ..\..\..\Inputfiles\UitvoerPtn\5m_Verplaatst.txt 5m_Verplaatst.txt
copy ..\..\..\Inputfiles\swan.exe swan.exe
swan.exe
if exist COMBINATIE.txt del COMBINATIE.txt
if exist Errfile ren Errfile COMBINATIE.erf
ren PRINT COMBINATIE.txt
del swan.exe
del wgs84_taw_swan.dep
del 5m_Verplaatst.txt
echo finished run COMBINATIE
cd ..
if not exist ..\COMBINATIE\COMBINATIE.erf del COMBINATIE.swn
rem

```

## Een instructiebestand voor WriteTransfm.exe: TMinstruction.txt

```

TRANSFORMATIEMATRIX
$ Directory
C:\Transformatiematrix\runs\ExtremeConditities\
$ Combinaties (File)
combinaties_EI
$ SwanFiles: [aantal] , <[SwanFile], [NLoc]>
3
/BVHD.tab/ 1
/WHID.tab/ 1
/5mV.tab/ 302

```

## BIJLAGE D: VglData.exe

Het programma VglData.exe voert een vergelijking uit tussen twee datareeksen, het programma levert voor iedere opgevraagde vergelijking twee bestanden op: een tekstbestand dat statistische parameters bevat en een \*.mat - bestand dat de matrices bevat om in MATLAB grafieken aan te maken met de code VglDataGrafieken.m. Het programma bevat een tweede optie om de statistische parameters als 'samples' op te slaan in een \*.xyz - bestand dat kan worden ingelezen met Delft3D.

Het programma VglData.exe werkt met verschillende interactievensters. In wat volgt wordt de successie van interactiekaders doorlopen voor de verschillende types van reeksen: tijdreeksruns, onafhankelijke combinaties en transformatiematrices. De vensters waarbij men een bestand dient op te geven worden niet aangehaald.

### Tijdreeksrun

1. "Type reeks": vink Tydreeks aan.
2. "Type data":
  - 2.1. Referentiereeks: de reeks die als standaard aanvaard word.
    - 2.1.1. Metingen: voor boeigegevens
    - 2.1.2. SWAN (runs): tijdreeksen die rechtstreeks met SWAN berekend worden.
    - 2.1.3. SWAN + interpolatie: tijdreeksen die in de transformatiematrix ingevoerd werden en daarin geïnterpoleerd.
  - 2.2. Reeks 2: reeks die aan de referentiereeks wordt getoetst.
    - 2.2.1. Zelfde opties als voor de referentiereeks
3. "Tijdreeks": **enkel voor de SWAN (runs)** , niet voor meetreeksen en geïnterpoleerde tijdreeksen.
  - 3.1. Aanvangstijdstip van de tijdreeks in ISO – notatie: 'YYYYMMDD.HRMNSC', bij voorbeeld 1 april 2004 om halftien in de ochtend wordt weergegeven als '20040401.093000'.
  - 3.2. Periode die de tijdreeks beslaat: aantal eenheden (natuurlijk getal.)
  - 3.3. Periode die de tijdreeks beslaat: de eenheid.
  - 3.4. Tijdsinterval tussen twee opeenvolgende tijdstappen: aantal eenheden (natuurlijk getal.)
  - 3.5. Tijdsinterval tussen twee opeenvolgende tijdstappen: de eenheid.
4. De bestanden met de tijdreeksen worden opgevraagd.
5. "Select Location": aangeven van de locaties waarvoor de vergelijking moet worden uitgevoerd. De locaties met hetzelfde volgnummer binnen de groep worden vergeleken. Hierop is een uitzondering geprogrammeerd voor de vergelijking met het Oostenderapport.
6. "Request Form": hierin worden de vergelijkingen opgesteld.
  - 6.1. linkerkolom: eerste drie velden: parameter, vermenigvuldigingsfactor en constante van de referentiereeks
  - 6.2. rechterkolom: de eerste drie velden: parameter, vermenigvuldigingsfactor en constante van de te toetsen reeks
  - 6.3. onderste rij (enkel voor tijdreeksen): tijdsverschuiving: aantal eenheden (geheel getal) en eenheid
  - 6.4. Door "Toevoegen" te selecteren wordt de opgegeven vergelijking toegevoegd aan de lijst en weergegeven in het ventster rechts.
  - 6.5. Wanneer een vergelijking in het venster rechts wordt geselecteerd kan men de vergelijking verwijderen uit de lijst en van het venster met de knop "verwijderen".
7. Voor iedere vergelijking
  - 7.1. de bestandsnaam voor de statistieken en de bestandsnaam voor de grafieken (tijdreeks en scatterplot)
  - 7.2. "Opmaak Grafiek", Titel, enz...

8. "Verdergaan?"
  - 8.1. Nee: programma wordt beëindigd
  - 8.2. Ja: programma begint van voor af aan. Eén klein probleem is dat een bestand dat reeds geopend is geweest niet opnieuw kan geopend worden in dezelfde sessie.

### **Onafhankelijke combinaties**

1. "Type reeks": vink Combinaties en Onafhankelijke aan.
2. "Type data":
  - 2.1. Referentiereeks: de reeks die als standaard aanvaard word.
    - 2.1.1. Metingen zijn geen optie.
    - 2.1.2. SWAN (runs): tijdreeksen die rechtstreeks met SWAN berekend worden.
    - 2.1.3. SWAN + interpolatie: tijdreeksen die in de transformatiematrix ingevoerd werden en daarin geïnterpoleerd.
  - 2.2. Reeks 2: reeks die aan de referentiereeks wordt getoetst.
    - 2.2.1. Zelfde opties als voor de referentiereeks
3. Opvragen van de bestanden
4. "Groepering van locaties": **enkel voor de rechtstreekse SWAN-runs**. In de werkwijze die gedurende het project gehanteerd werd, wordt iedere combinatie afzonderlijk berekend en opgeslagen. Dit heeft tot gevolg dat er meerdere bestanden met dezelfde naam geplaatst onder een verschillende directory ingelezen moeten worden, vandaar dat de naam van de groep van locaties moet worden opgegeven..
5. "Select Location": aangeven van de locaties waarvoor de vergelijking moet worden uitgevoerd. De locaties met hetzelfde volgnummer binnen de groep worden vergeleken. Hierop is een uitzondering geprogrammeerd voor de vergelijking met het Oostenderapport.
6. "Request Form": hierin worden de vergelijkingen opgesteld.
  - 6.1. linkerkolom: eerste drie velden: parameter, vermenigvuldigingsfactor en constante van de referentiereeks
  - 6.2. rechterkolom: de eerste drie velden: parameter, vermenigvuldigingsfactor en constante van de te toetsen reeks
  - 6.3. onderste rij enkel voor tijdreeksen
  - 6.4. Door "Toevoegen" te selecteren wordt de opgegeven vergelijking toegevoegd aan de lijst en weergegeven in het venster rechts.
  - 6.5. Wanneer een vergelijking in het venster rechts wordt geselecteerd kan men de vergelijking verwijderen uit de lijst en van het venster met de knop "verwijderen".
7. Voor iedere vergelijking:
  - 7.1. de bestandsnamen voor de statistieken en de grafieken.
  - 7.2. "Opmaak Grafiek"
8. "Verdergaan?"
  - 8.1. Nee: programma wordt beëindigd
  - 8.2. Ja: programma begint van vooraf aan. Er is een klein probleem een bestand dat in dezelfde sessie reeds geopend werd kan niet terug geopend worden.

### **Transformatiematrices**

Deze optie werd niet uitgewerkt, in plaats daarvan werd de optie Onafhankelijke Combinaties verder uitgebreid om transformatiematrices te vergelijken.

### **Uitzonderlijke Toepassingen**

#### Statistische Parameters als 'samples'

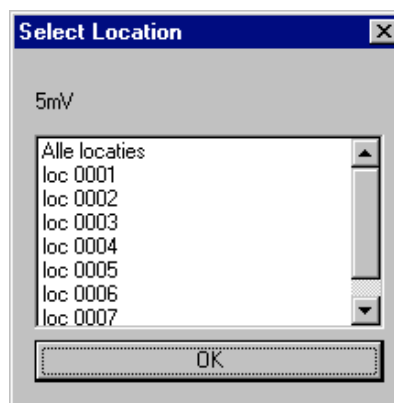
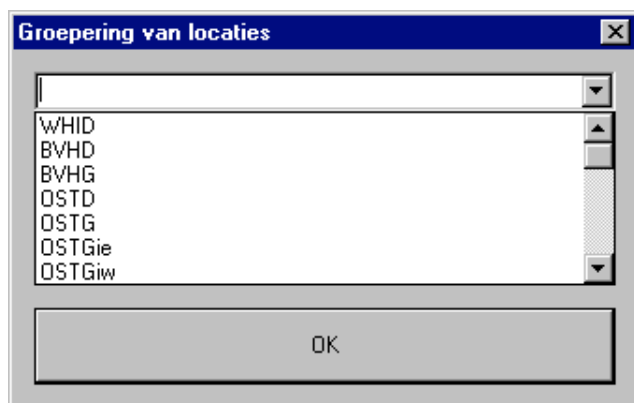
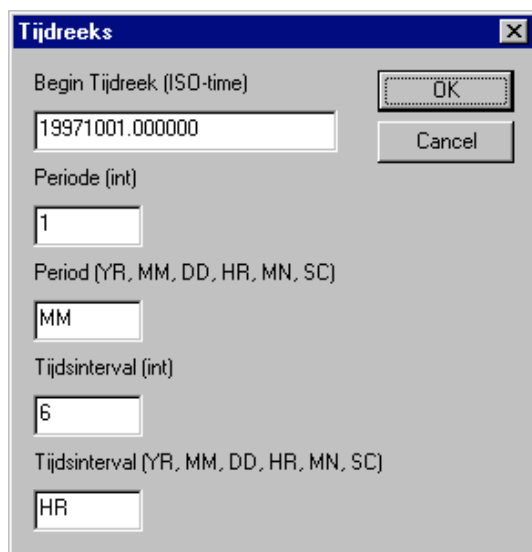
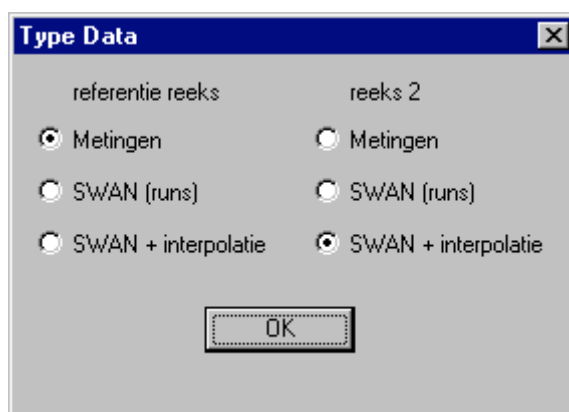
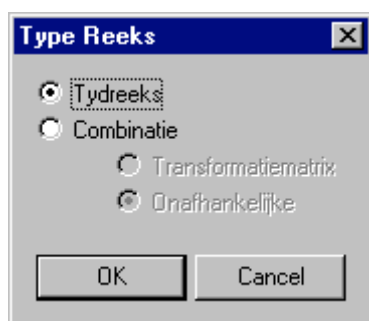
Bij de evaluatie van de roosterresolutie werd de scatterindex voor het volledige domein in kaart gebracht. Wanneer men in de "Request Form" het vakje in de rechteronderhoek aanvinkt wordt er per statistische parameter een bestand opgemaakt dat in Delft3D als 'samples' kan worden ingelezen. In

het venster “Sample bestanden” dat na afsluiting van de “request form” verschijnt kan men een selectie maken van de statistische parameters, standaard worden ze allemaal geselecteerd.

#### Uitzondering op select location

Om de vergelijking te kunnen maken met het Oostenderapport voor de locatie Oostende boei, moet de groep OSTG met slechts een locatie vergeleken met de het tweede uitvoerpunt van de uitvoerbestanden horende bij het Oostenderapport. Men moet als referentiereeks de eigen berekeningen nemen, dus de eerste reeks die wordt ingelezen is OSTG. Vervolgens wordt de reeks van het Oostenderapport ingelezen, voor de transformatiematrix van normale condities (resp. extreme waarden) moet de groepsnaam IMDC\_NC (resp. IMDC\_EW) opgegeven worden. In het venster “Select Location” wordt de groepsnaam van de referentiereeks opgegeven en de keuze van het aantal uitvoerlocaties van de te toetsen reeks. Loc 0002 heeft ongeveer de coördinaten van de locatie Oostende boei.

#### **Interactievensters**



## BIJLAGE E: WISKUNDIGE FORMULERING VAN DE GEBRUIKTE STATISTIEKEN

Deze bijlage is nagenoeg integraal overgenomen uit het WAM-rapport [11]. Deze bijlage beschrijft de wiskundige formulering van de gebruikte statistieken. Omdat voor de lineaire en cyclische grootheden een andere formulering gebruikt wordt, worden de wiskundige uitwerkingen hiervan afzonderlijk behandeld.

### Statistieken voor lineaire grootheden

De definitie van de statistieken voor de lineaire grootheden is in overeenstemming met *Schneggenburger* (1998) en *Luo* (1995). In wat volgt zal de referentiereeks voorgesteld worden door de  $x$ , en reeks die hieraan getoetst wordt door  $y$ .

notatie	betekenis
$x$	referentiereeks
$y$	te toetsen reeks

Het gemiddelde van de referentiereeks en de te toetsen reeks wordt als volgt weergegeven (met  $N$  de grootte van de statistiek:)

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$
(C.1)

Een eerste statistische parameter is de bias of het verschil tussen het gemiddelde van de referentiereeks en de te toetsen reeks. Uit de formulering (vergelijking C.2) volgt dat een positieve waarde voor deze parameter aanduidt dat de toetsen reeks gemiddeld hoger gelegen zijn dan de referentiereeks. Dit betekent dus een overschatting van de referentiereeks. Hoe dichter de waarde van de bias bij nul gelegen is, des te beter wordt de referentiereeks benaderd.

$$BIAS = \bar{y} - \bar{x}$$
(C.2)

De 'root mean square error' (rmse) of gemiddelde kwadratische afwijking tussen beide reeksen is gegeven door de vergelijking C.3:

$$rmse = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}$$
(C.3)

Als de reeksen elkaar beter benaderen, dan zal deze waarde dichter bij nul gelegen zijn. De rmse is de totale afwijking tussen de twee reeksen. Deze totale afwijking wordt verder opgesplitst in een systematisch deel en een niet-systematisch deel.

Het systematische deel van de rmse (vergelijking C.4) wordt gedefinieerd als de vierkantswortel uit de kwadratisch gemiddelde afwijking tussen de referentiereeks en de 'ideale regressie'. Deze ideale regressie wordt berkent als een kleinste kwadraten interpolatie van de rechte  $y = mx+b$  door de referentiereeks en de te toetsen reeks.

$$rmse(s) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \hat{y})^2}$$
(C.4)

De coëfficiënten  $m$  en  $b$  van de ideale regressie worden berekend met behulp van de formules voor de kleinste kwadraten benadering. Bij deze methode worden de coëfficiënten van de rechte zo bepaald dat de gekwadrateerde fout tussen de meetgegevens en deze rechte minimaal is. Deze fout wordt gegeven door uitdrukking C.5:

$$\sum_{i=1}^N (y_i - mx_i + b)^2 \quad (\text{C.5})$$

Het afleiden van uitdrukking C.5 naar  $m$  en naar  $b$  geeft volgend stelsel in de onbekenden  $m$  en  $b$ :

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N (y_i - mx_i - b) = 0 \\ \sum_{i=1}^N x_i (y_i - mx_i - b) = 0 \end{cases} \quad (\text{C.6})$$

Uit dit stelsel worden de onbekende  $m$  en  $b$  (vergelijkingen C.7) bepaald:

$$\begin{aligned} \hat{y} &= mx_i + b \\ m &= \frac{N \sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N x_i \right)^2} \end{aligned} \quad (\text{C.7})$$

$$b = \bar{y} - m\bar{x}$$

Het systematische deel van de rmse of de systematische afwijking geeft het aandeel van de bias in de absolute fout weer. Dit kan aangetoond worden door de uitdrukking van de geïnterpolleerde rechte (C.7) in te vullen in de definitie van de rmse (vergelijking C.3.) Dit geeft dan de volgende formule:

$$rmse(s) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ((1-m)x_i - (\bar{y} - m\bar{x}))^2} \approx bias \quad (\text{C.8})$$

Als in uitdrukking (C.8)  $m$  één nadert, nadert het systematische deel van de rmse de bias.

Het niet-systematische van de rmse of niet systematische afwijking wordt gedefinieerd als de vierkantswortel van de kwadratische afwijking tussen de te toetsen reeks en de ideale regressie. Dit geeft de volgende vergelijking:

$$rmse(u) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (\text{C.9})$$

In een scatterplot wordt op de x-as de referentiereeks uitgezet en op de y-as de te toetsen reeks. Het niet-systematische deel van de rmse geeft dan een aanduiding van de spreiding op de punten in een scatterplot rond deze gefitte rechte. Dit kan aangetoond worden door de uitdrukking voor de geïnterpolleerde rechte in te vullen in de vergelijking C.9. Dit geeft uitdrukking C.10, die voor waarden van dicht bij 1 gelegen ongeveer overeenkomt met de uitdrukking voor de standaardafwijking op de absolute fout (vergelijking C.14.)

$$rmse(u) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ((y_i - \bar{y}) - m(x_i - \bar{x}))^2} \approx \sigma \quad (\text{C.10})$$

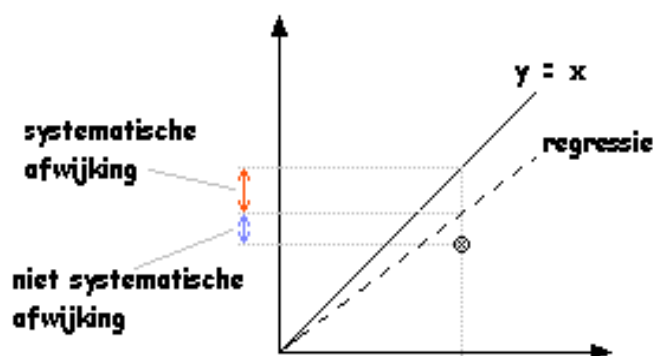
Er kan ook bewezen worden dat volgend verband tussen systematisch, niet-systematisch deel van de rmse en de rmse zelf geldt:

$$rmse^2 = rmse(s)^2 + rmse(u)^2 \quad (\text{C.11})$$

Als de te toetsen reeks de referentiereeks beter benadert, betekent dit dat de bias dicht bij nul zal zijn en de helling van de geïnterpolleerde rechte  $m$  de waarde 1 dicht benadert. Uit vergelijkingen C.8, C.10 en C.11 kan dan afgeleid worden dat het systematische deel van de rmse dicht bij nul gelegen is en het aandeel van dit systematische deel in de rmse afneemt. Het aandeel van de niet systematische afwijking in de rmse vergroot dan (aangenomen dat de rmse constant blijft.)

Onderstaande figuur geeft een visuele voorstelling van deze systematische en niet-systematische afwijking in een scatterplot.





Systematische en niet-systematische afwijking

Bij de berekeningen van de geïnterpoleerde rechte kan opgemerkt worden dat in de bovenstaande berekeningen telkens wordt uitgegaan van de ideale regressie, die gefit wordt door datapunten. Als de twee reeksen elkaar minder nauwkeurig benaderen en bijgevolg de bias relatief groot is, kan de ideale regressie sterk afwijken van een rechte door de oorsprong. In die gevallen kan als kleinste kwadraten benadering gekozen worden voor de rechte  $y = nx$  in plaats van de rechte  $y = mx + b$ . Volgens een analoge berekening als in vergelijkingen C.5 en C.6 kan de helling  $n$  van de rechte door de oorsprong berekend worden als de minimalisatie van vergelijking C.12.

$$\sum_{i=1}^N (y_i - nx_i)^2 \quad (\text{C.12})$$

Dit geeft de volgende uitdrukking voor  $n$ :

$$\sum_{i=1}^N x_i (y_i - nx_i) = 0$$

$$n = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i}{\sum_{i=1}^N x_i^2} \quad (\text{C.13})$$

De standaardafwijking op de absolute fout ( $\sigma$ ) wordt berekend met de volgende formule:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N ((x_i - \bar{x}) - (y_i - \bar{y}))^2} \quad (\text{C.14})$$

De scatterindex kan gedefinieerd worden volgens twee verschillende definities. De eerste definitie is deze volgens *Schneggenburger* (1998). Deze bepaalt de scatterindex door de standaardafwijking op de absolute fout te delen door het gemiddelde van de referentiereeks (formule C.15.)

$$\text{scattind1} = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (\text{C.15})$$

*Luo* (1995) definieert de scatterindex als de verhouding van de root mean square error en het gemiddelde van de referentiereeks (formule C.16.)

$$\text{scattind2} = \frac{\text{rmse}}{\bar{x}} \quad (\text{C.15})$$

De scatterindex geeft dus de spreiding op de absolute fout relatief ten opzichte van het gemiddelde van de referentiereeks.

Uit de bespreking van de rmse volgt dat deze twee definities ongeveer hetzelfde resultaat geven als de te toetsen reeks de referentiereeks zeer goed benaderen (als  $m$  zeer dicht bij één gelegen is.) De scatterindex berekend met formule C.16 zal in het algemeen een iets grotere waarde geven dan deze bepaald volgens C.15.

Bij een nauwkeurige benadering van de referentiereeks door de toetsen reeks zullen de standaarddeviatie op de absolute fout en de rmse dicht bij nul gelegen zijn, waardoor de scatterindex ook naar deze waarde streeft.

De reductie van de variantie of de modefficiëntie of skill-index wordt gegeven door formule C.17. De waarde van deze parameter ligt tussen min oneindig en één. Is deze parameter negatief dan is de

voorspelling die door de te toetsen reeks gedaan wordt slechter dan het gemiddelde van de waarnemingen.

$$rv = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - x_i)^2}{\sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2} \quad (\text{C.17})$$

De goodness-of-fit of correlatiecoëfficiënt (formule C.18) duidt aan hoe goed de te toetsen reeks de referentiereeks benadert. Als de waarde van deze statistische parameter gelijk is aan één betekent dit dat er een lineair verband bestaat tussen de te toetsen reeks en de referentiereeks. Is de statistische parameter gelijk aan nul, dan bestaat er geen correlatie tussen de reeksen.

$$gof = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (\text{C.18})$$

### Statistieken voor cyclische grootheden

De berekening van de verschillende statistische grootheden volgens de formules beschreven in het vorige onderdeel kunnen niet uitgevoerd worden voor cyclische grootheden zoals golf – en windrichtingen. De formules van gemiddelde en kwadratisch gemiddelde die gelden voor lineaire grootheden, kunnen niet toegepast worden op cyclische grootheden.

De berekening van de statistische parameters voor cyclische grootheden is in overeenstemming met *Mardia* (1972) en *Fisher* (1993). De gemiddelde richting van een aantal gegeven richtingen wordt berekend met formule C.19:

$$\theta_{gem} = Bgtg\left(\frac{\bar{S}}{\bar{C}}\right) \quad (\text{C.19})$$

met

$$\bar{S} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sin(\theta_i)$$

$$\bar{C} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \cos(\theta_i)$$

Met behulp van de lengte van de vector met de gemiddelde richting kan dan de variantie  $S_0$  gedefinieerd worden:

$$S_0 = 1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \cos(\theta_i - \theta_{gem}) = 1 - \bar{R} \quad (\text{C.20})$$

$$\text{met : } \bar{R} = \sqrt{\bar{C}^2 + \bar{S}^2}$$

Deze variantie is altijd gelegen in het interval [0, 1].

Voor cyclische grootheden wordt de standaarddeviatie niet berekend als de vierkantswortel uit de variantie maar volgende de uitdrukking in formule C.21. Op deze manier wordt een standaarddeviatie bekomen waarvan de waarde gelegen is in het interval [0, +∞].

$$\sigma = (-2 \ln(1 - S_0))^{1/2} \quad (\text{C.21})$$

Met behulp van bovenstaande formules kunnen nu de verschillende statistische parameters gedefinieerd worden. Hierbij wordt een analoge conventie aangehouden als in [11]: de referentiereeks wordt voorgesteld door  $\theta_x$  en de te toetsen reeks door  $\theta_y$ .

notatie	betekenis
$\theta_x$	referentiereeks
$\theta_y$	te toetsen reeks

De bias wordt berekend als het verschil van de gemiddelde richting van de referentiereeks en de te toetsen reeks.

$$bias = \theta_{gem,y} - \theta_{gem,x} \quad (C.22)$$

Bij de formules voor root-mean-square error, scatter-index en skill index moet opgemerkt worden dat in de bovenvermelde referenties (Mardia(1972) en Fisher(1993)), voor deze statistische parameters zijn geen formules aanwezig zijn. Deze statistische parameters worden gedefinieerd naar analogie met de definitie van de variantie (formule C.21) en de definitie van de statistische parameters voor lineaire grootheden.

Dit geeft voor de 'root-mean-square error' de vierkantswortel uit de standaarddeviatie van het verschil tussen referentiereeks en de te toetsen reeks (formule C.23.)

$$rmse = \sqrt{-2 \cdot \ln \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \cos(\theta_{x,i} - \theta_{y,i}) \right)} \quad (C.23)$$

Voor de systematische en niet-systematische afwijking van de rmse is het noodzakelijk de helling van de geïnterpoleerde rechte  $\theta_y = a\theta_x + b$  te kennen. Daarvoor is het noodzakelijk om over een formule te beschikken om deze helling te berekenen. Omdat deze formule in de vermelde literatuur niet beschikbaar is, worden deze statistische parameters hier niet gedefinieerd.

Voor de standaarddeviatie op de absolute geeft toepassing van formule C.21 aanleiding tot uitdrukking C.24.

$$\sigma = \left( -2 \cdot \ln \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \cos((\theta_{x,i} - \theta_{gem,x}) - (\theta_{y,i} - \theta_{gem,y})) \right) \right)^{1/2} \quad (C.24)$$

Analoog als bij lineaire grootheden kan de scatterindex dan ook volgens de twee verschillende definities bepaald worden als ofwel de verhouding van de rmse tot de gemiddelde richting van de referentiereeks ofwel de verhouding van de standaarddeviatie op de gemiddelde richting van de referentiereeks.

$$scattind1 = \frac{rmse}{\theta_{gem,x}} \text{ of } scattind2 = \frac{\sigma}{\theta_{gem,x}} \quad (C.25)$$

Voor de skillindex wordt een analoge redenering opgebouwd als bij de 'root-mean-square error'. Dit geeft dan uitdrukking C.26.

$$skillindex = 1 - \frac{\ln \left( \sum_{i=1}^N \cos(\theta_{x,i} - \theta_{y,i}) \right)}{\ln \left( \sum_{i=1}^N \cos(\theta_{gem,x} - \theta_{y,i}) \right)} \quad (C.26)$$

De 'goodness-of-fit' geeft de nauwkeurigheid van een lineaire benadering aan. In Fisher(1993) wordt enkel een uitdrukking gegeven voor de T-lineaire associatie. Een T-lineaire associatie is de lineaire interpolatie met helling 1 of -1 ( $\theta_y = \pm\theta_x + \theta_0$ ). De uitdrukking voor de nauwkeurigheid van deze lineaire associatie is gegeven door formule C.27.

$$gof = \frac{\sum_{1 \leq i \leq j \leq N} \sin(\theta_{x,i} - \theta_{x,j}) \cdot \sin(\theta_{y,i} - \theta_{y,j})}{\sqrt{\sum_{1 \leq i \leq j \leq N} \sin^2(\theta_{x,i} - \theta_{x,j}) \cdot \sum_{1 \leq i \leq j \leq N} \sin^2(\theta_{y,i} - \theta_{y,j})}} \quad (C.27)$$

## Referenties

- Fisher N.I., 1993. *Statistics of circular data*. Cambridge University Press, 151pp.
- Luo W., 1995. *Wind Wave modeling in Shallow Water*. Doctoraatsthesis, Departement Burgerlijke Bouwkunde KULeuven.
- Mardia K.V., 1972. *Probability and mathematical statistics. Statistics of directional data*. 127pp.

- Schneggenburger C., 1998. *Spectral Wave Modelling with non-linear dissipation*. Report GKSS-Forschungszentrum Gessthacht GmbH, Appendix A.4.

## BIJLAGE F: DUBBELGEPIEKTE SPECTRA

### *Inleiding*

Bij het uitvoeren van de SWAN – berekeningen komt het veelvuldig voor dat er een tweede piek geregistreerd (Figuur 33) wordt in het golvenspectrum, hoewel op de rand een enkelvoudig spectrum opgelegd wordt. Op zich is dit geen bezwaar omdat door de meetboeien ook dubbelgepiekte spectra waargenomen worden, maar men kan zich afvragen of dit verschijnsel wenselijk is in de structuur van de transformatiematrix. Los van de discussie naar de gerechtvaardigheid van het voorkomen van dubbele pieken, leveren ze praktische complicaties bij de interpolatie in de transformatiematrix.

### *Discussie*

De discussie die volgt is een persoonlijk aanvoelen van de problematiek, voor zoverre het voorkomen van de dubbele piek werkelijk problematisch is.

Bij het uitvoeren van de berekeningen met het spectrale golfvoortplantingsmodel SWAN voor de transformatiematrix komen er dubbele pieken voor in de spectra. Hoewel dubbelgepiekte spectra in de realiteit wel degelijk (veelvuldig) geregistreerd worden, hadden we deze niet verwacht in de berekeningen voor de transformatiematrix.

Naast de energietoevoer door de wind, zijn er twee niet-lineaire mechanismen die energie van de ene frequentie naar de andere frequentie omzetten: de *'triad'* golfinteractie en de *'quadruplet'* golfinteractie. De triad golfinteracties zijn niet de oorzaak van het ontstaan van de tweede piek in het spectrum. Ten eerste creëren de triad golfinteracties lagere en hogere harmonische [13] en dan zouden de frequenties een veelvoud moeten zijn van elkaar, wat niet het geval is. Bovendien worden de triad golfinteracties niet default meegenomen in de berekeningen en werden ze ook niet aangeschakeld, dus zijn ze niet eens in rekening gebracht. De quadruplet golfinteracties zetten (in principe) hoog – frequente golfenergie om naar frequenties nabij de piek van het spectrum [15].

Het uitgangsprincipe van de berekeningen was: hoe ontwikkelt een golf op locatie Westhinder zich verder richting kust onder de gegeven windcondities (en bij gegeven waterstand.) Het voorkomen van dubbele pieken in de spectra bij het uitvoeren van de zeegangberekeningen doet echter het vermoeden rijzen dat het aan de rand opgelegde enkelvoudige zeegangspectrum als 'deining' wordt beschouwd, waarnaast een 'zeegang' – piek ontstaat. Op dit punt moeten we ons de vraag stellen wat de oorzaak hiervan is.

Kan er onder de invloed van een sterke wind een windzee ontstaan waarvan in het golvenspectrum twee duidelijke zeegangtoppen te onderscheiden zijn en, zo ja, wat is de fysische verklaring? Zit deze fysica ingebouwd in SWAN en kan dit met de condities die we opgegeven hebben<sup>a</sup>, of ligt de oorzaak voor het optreden van dubbelgepiekte spectra in de berekeningen elders?

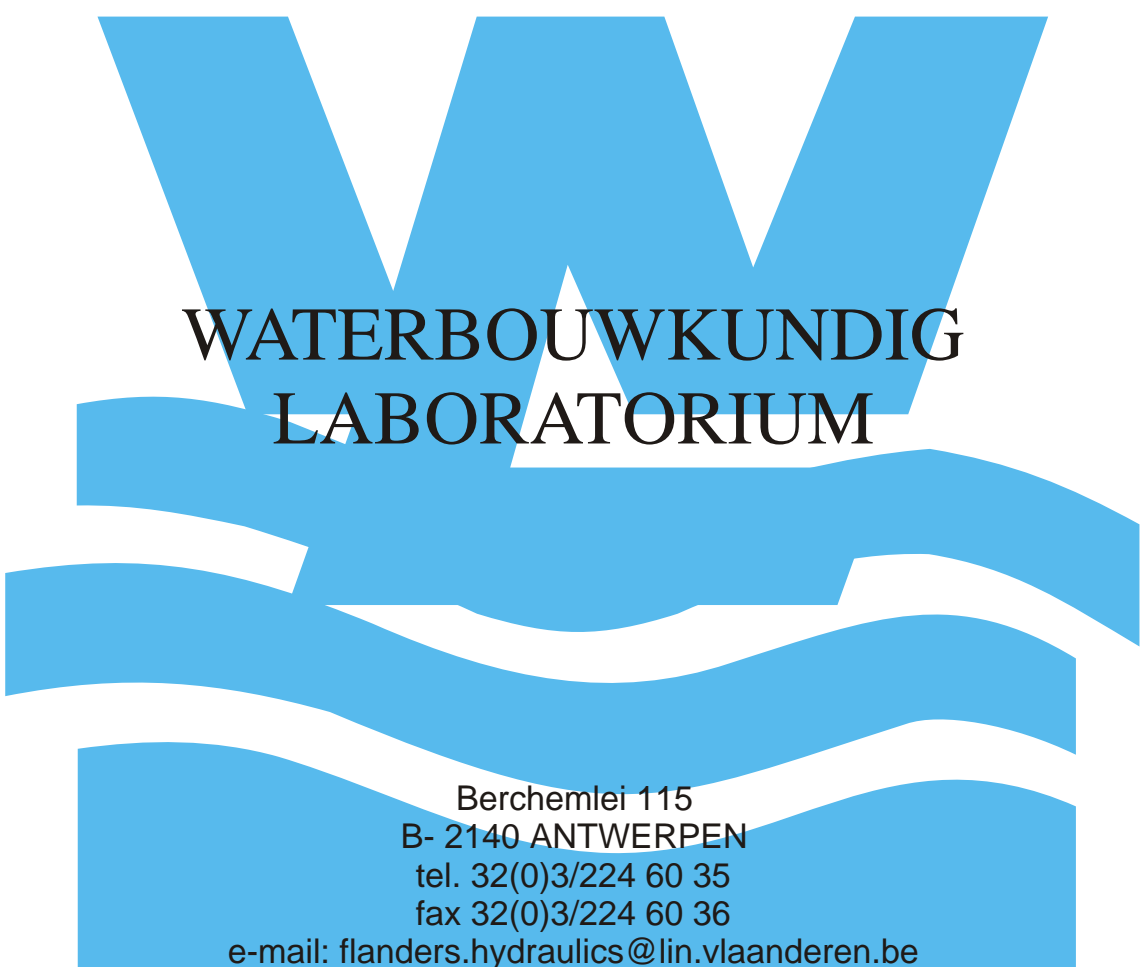
Zijn de ingevoerde golfcondities in combinatie met de windsnelheden wel sensibel? Onrealistische invoer leidt tot onrealistische uitvoer. Sensibel in twee opzichten: in overeenstemming met de realiteit en conform met de formulering van SWAN; de realiteit laat een grotere marge toe dan een wiskundige of numerieke formulering. De klassenindeling werd opgesteld om alle gemeten condities op Westhinder (binnen de aanvaarde beperkingen) te kunnen transformeren naar de kust met een beperkt aantal berekeningen. Dit heeft tot gevolg dat er uitzonderlijke combinaties worden doorgerekend. Bovendien wordt steeds een volgroeid Jonswap spectrum op de rand van het domein opgelegd, terwijl bestaande tabellen [17] aangeven dat er voor bepaalde combinaties van significante golfhoogte en windsnelheid er nog geen sprake kan zijn van een volgroeide golf.

---

<sup>a</sup> Bijvoorbeeld; in de realiteit is een windveld veel complexer in ruimte en tijd dan het windveld dat in SWAN werd ingevoerd.

### ***Praktische consequenties***

Het voorkomen van dubbelgepiekte spectra in de berekeningen voor de transformatiematrix veroorzaakt een complicatie bij de interpolatie van de piekperioden. De piekperiode kan omklappen van de ene piek naar de andere piek; al naargelang het relatieve belang van de twee pieken onderling. In de transformatiematrix van één locatie zal voor de verschillende berekeningen de piekperiode bij de eerste 'deining' piek, dan wel bij de tweede 'zeegang' piek liggen. Dit heeft tot gevolg dat tussen verschillende types van pieken wordt geïnterpoleerd, hetgeen resulteert in een onfysische piekperiode.



# WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

Berchemlei 115  
B- 2140 ANTWERPEN  
tel. 32(0)3/224 60 35  
fax 32(0)3/224 60 36  
e-mail: [flanders.hydraulics@lin.vlaanderen.be](mailto:flanders.hydraulics@lin.vlaanderen.be)  
[watlab@lin.vlaanderen.be](mailto:watlab@lin.vlaanderen.be)

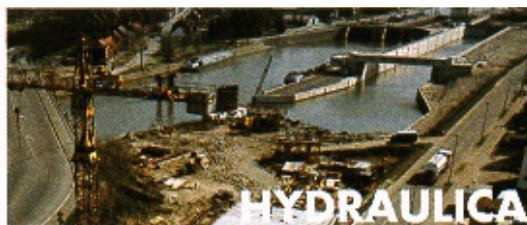
<http://watlab.lin.vlaanderen.be>



# FLANDERS HYDRAULICS RESEARCH

WATERBOUWKUNDIG  
LABORATORIUM

FLANDERS  
HYDRAULICS  
RESEARCH



ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
departement Leefmilieu en Infrastructuur  
administratie Waterwegen en Zeewezen  
afdeling Waterbouwkundig Laboratorium